Urania
Vol. 18 No. 2, Juni 2012 : 59 - 119
ISSN 0852-4777

PEMISAHAN RADIOISOTOP ^{115m}In MENGGUNAKAN KOLOM KROMATOGRAFI DENGAN RESIN AG 1X8 (Cl^-)

Kadarisman, Ibon Suparman
Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka - BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan 15314
email: kadarisman_w@yahoo.com
(Naskah diterima: 14 September 2011, disetujui: 27 Maret 2012)

ABSTRAK

PEMISAHAN RADIOISOTOP ^{115m}In MENGGUNAKAN KOLOM KROMATOGRAFI DENGAN RESIN AG 1X8 (Cl^-). Radioisotop ^{115m}In sangat berpotensi diaplikasikan dalam bidang riset biologi dan kedokteran nuklir. Radioisotop ^{115m}In mempunyai sifat fisis yang baik apabila diaplikasikan untuk medis, seperti dapat dibandingkan dengan radioisotop ^{99m}Tc, yang merupakan radioisotop paling banyak digunakan untuk diagnosis di bidang kedokteran nuklir di dunia, bahwa radioisotop ^{115m}In mempunyai umur paro ($t_{1/2}$) 4,5 jam dan energi sinar gamma 336 KeV, dan radioisotop ^{99m}Tc 6,6 jam dan 140,3 KeV. Radioisotop ^{115m}In mempunyai keunggulan yaitu dalam proses penandaan untuk membuat sediaan radiofarmaka, radioisotop ini tidak menggunakan bahan reduktor, sedangkan radioisotop ^{99m}Tc harus menggunakan reduktor larutan Sn. Proses pemurnian ^{115m}In dari matriks kadmium teriradiasi dilakukan menggunakan sistem kolom kromatografi penukar anion, fraksi kadmium di dalam larutan target teriradiasi dikondisikan untuk membentuk kompleks anion, CdI_4^{2-}, yang kemudian diikat pada kolom resin AG 1X8 (Cl^-, 37-74 *microns*). Radioisotop ^{115m}In yang dibentuk adalah radionuklida anak dari ^{115}Cd, dalam bentuk $^{115m}In^{3+}$ kemudian dielusi di dalam kolom penukar anion menggunakan HCl 0.05 M. Hasil percobaan dari dua kali iradiasi kadmium oksida (CdO) alam menunjukkan bahwa diperoleh radioaktivitas ^{115}Cd masing masing sebesar 5358 μCi dan 15,27 μCi, efisiensi penyerapan ^{115}Cd ke dalam resin masing-masing sebesar 89,5% dan 99,5%, radioaktivitas ^{115m}In telah dapat dipisahkan dari matriks kadmium teriradiasi dengan tingkat radioaktivitas masing-masing sebesar 80, 62 μCi dan 1,46 μCi.

Kata Kunci: ^{115}Cd, ^{115m}In, resin penukar anion, reaksi inti

ABSTRACT

^{115m}In RADIOISOTOPE SEPARATION USING CHROMATOGRAPHY COLUMN WITH AG 1X8 (Cl^-) RESIN. *^{115m}In radioisotope is potentially applicable in the field of biological research and nuclear medicine. It has good physical properties when applied for medical purpose. In comparison with ^{99m}Tc radioisotope, which is the most widely used radioisotope for diagnosis in the field of nuclear medicine in the world, ^{115m}In radioisotope has a half life ($t_{1/2}$) of 4.5 hours with 336 keV gamma energy, while ^{99m}Tc radioisotope has a half life of 6.6 hours and 140.3 keV. However, ^{115m}In radioisotope has the advantage that the marking process for this radioisotope radiopharmaceutical preparation does not use reductant materials if compared to the marking process of ^{99m}Tc radioisotope that uses Sn reductant solution. The purification process of ^{115m}In from irradiated cadmium matrix can be performed by using anion-exchange chromatography*

column system, where the fraction of cadmium in the irradiated cadmium solution was conditioned to form a complex anion of CdI_4^{2-} to bind to the column resin of AG 1x8 (Cl^-, 37 - 74 Microns). The ^{115m}In radioisotope is formed as a daughter of ^{115}Cd radionuclide in the form of $^{115m}In^{3+}$, which is later to be eluted from the anion exchange column by using 0.05 HCl M. The experimental results of two irradiations of natural cadmium oxide (CdO) shows that ^{115}Cd radioactivity obtained was 5328 μCi and 15.27 μCi with absorption efficiency of ^{115}Cd into the resin was 89.5% and 99.5 %. The radioactive ^{115m}In that was separated from irradiated cadmium matrix has a level of radioactivity of 80.62 μCi and 1.46 μCi.

Keywords: *^{115}Cd, ^{115m}In, anion excange resin, nuclear reaction.*

PENDAHULUAN

Sebuah kolom generator radioisotop ^{115}Cd/^{115m}In telah dikembangkan dengan menyerapkan senyawa komplek kadmium diperkaya teriradiasi sebagai garam anion iodida (CdI_4^{-2}) dalam resin penukar anion dan radionuklida ^{115m}In dielusi dengan menggunakan larutan HCl 0.05 M. Yield ^{115m}In cukup tinggi dari kolom yang diisi dengan resin penukar anion di dalam volume 3 ml, dengan lolosan ^{115}Cd kurang dari 3 x 10^{-4}% telah dikerjakan [1, 2, 3, 4]. Radioinuklida ^{115m}In dihasilkan dari kolom generator ini telah digunakan untuk penandaan senyawa *canine platelets* dan untuk penatahan *canine thrombus* secara *invivo* [1] .

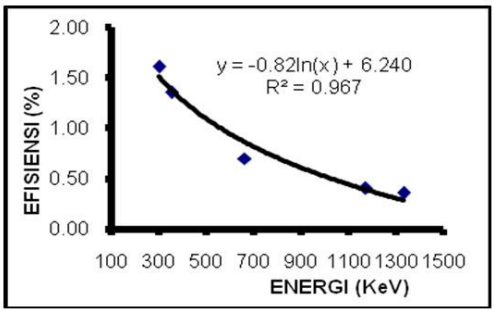
Proses produksi radioisotop indium, baik ^{111}In (dari aktivasi siklotron) maupun ^{115m}In (dari aktivasi reaktor), serta proses pemisahan spesi indium dari matriks kadmium teriradiasi merupakan masalah paling penting, terutama yang berkaitan dengan mutu produk radioisotop indium yang dihasilkan. Mutu produk radioindium harus bebas dari cemaran kadmium secara kimia maupun secara radionuklida, sebab spesi kadmium bersifat toksis dan radioisotop kadmium (^{115}Cd) mempunyai karakter radiomedik yang berbeda dengan radioindium. Telah dilakukan investigasi penggunaan kolom kromatografi sebagai bahan kolom generator radioisotop ^{115}Cd/^{115m}In untuk menghasilkan radioisotop ^{115m}In. Radionuklida ^{115m}In telah berkembang pesat untuk diaplikasikan di bidang medis karena umur-paronya 4,5 jam, yang tidak berbeda jauh bila dibandingkan dengan radioisotop medis ^{99m}Tc yang mempunyai umur paro 6,6 jam. Radioisotop ^{115m}In lebih disukai dari pada nuklida ^{113m}In yang umur paronya lebih pendek, yaitu hanya 1,66 jam [5, 6, 7,8].

Radioisotop ^{115m}In merupakan radioisotop pemancar radiasi sinar γ dengan energi 336 KeV dan meluruh melalui mekanisme transisi isomerik dengan waktu paruh 4,5 jam menjadi ^{115}In. Radioisotop ^{115}In adalah radioisotop alam pemancar partikel β (E_β= 860 KeV dengan waktu paruh 4 x 10^{14} tahun [9] dan kelimpahan sekitar 5%, menghasilkan isotop stabil ^{115}Sn). Walaupun radiasi β tersebut memberikan kontribusi dosis radiasi yang kecil, tetapi cukup kuat untuk membunuh sel-sel kanker, maka radioisotop ^{115m}In dapat digunakan di bidang kesehatan untuk diagnosis dan terapi [1, 10].

Radioisotop ^{115m}In dalam aplikasinya tidak memerlukan bahan reduktor kimia, berbeda dengan ^{99m}Tc, radioisotop ini dalam proses penandaannya selalu melibatkan bahan reduktor kimia yaitu ion stanous atau bahan-bahan lain yang tidak diperlukan untuk pembuatan senyawa kompleks dengan indium, karena radioisotop indium hanya mempunyai satu tingkat oksidasi yang sudah dikenal di dalam lingkungan air. Kimia indium yang demikian itu lebih sederhana dibandingkan dengan teknesium, walaupun kurang serbaguna apabila dibandingkan dengan radioisotop ^{99m}Tc.

ISSN 0852-4777

Peluruhan dalam sistem generator radioisotop $^{115}Cd/^{115m}In$ diterangkan dalam peluruhan radioisotop di bawah ini [2];



Gambar 1. Kurva efisiensi terhadap energi.

Induk radioisotop ^{115}Cd dihasilkan dengan aktivasi neutron di dalam reaktor dari bahan sasaran kadmium alam meluruh dengan memancarkan partikel beta menjadi ^{115m}In.

Dalam penelitian ini dilakukan pemisahan radionuklida ^{115m}In dari matriks kadmium alam teriradiasi menggunakan kolom kromatografi yang diisi dengan resin penukar anion Dowex AG 1X8 (Cl^-), yang mempunyai pori 37 s/d 74 *microns*. Tujuan penelitian ini untuk menghitung efisiensi penyerapan radioisotop ^{115}Cd ke dalam resin dan radioaktivitas ^{115}Cd dan ^{115m}In.

Untuk menetapkan radioaktivitas isotop ^{115m}In yang diperoleh dari pemisahan ini harus mempertimbangkan cara peluruhan radioisotop induk (^{115}Cd) atau pembentukan radioisotop anak (^{115m}In) dan peluruhannya. Pada reaksi pembentukan radioisotop ^{115m}In dari peluruhan induk radioisotop ^{115}Cd, bahwa waktu paruh ^{115}Cd jauh lebih lama [$(t_{1/2})_1$= 53,38 jam] dari pada waktu paruh ^{115m}In, yaitu sebesar $(t_{1/2})_2$= 4,5 jam, sehingga konstanta peluruhan ^{115}Cd (λ_1= 0,693/53,38= 0,013) lebih kecil dibanding dengan konstanta peluruhan radioisotop anaknya, yaitu ^{115m}In (λ_2= 0,693/4,49= 0,154). Jadi peluruhan induk radioisotop ^{115}Cd menjadi radioisotop anak ^{115m}In merupakan peluruhan radioaktif dengan kesetimbangan transien [11,12], sehingga diperoleh hubungan antara radioaktivitas induk ^{115}Cd dan anak ^{115m}In saat terjadi kesetimbangan dalam persamaan (1) dan (2);

$$A_2 = A_t \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\right) \quad (1)$$

atau

$$A_2 = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\right) A_1^0 e^{-\lambda_1 t} \quad (2)$$

Dengan A_2= Radioaktivitas isotop ^{115m}In, A_t= Radioaktivitas isotop ^{115}Cd pada waktu t, A_1^0= Radioaktivitas isotop ^{115}Cd pada waktu t= 0, atau pada penelitian ini adalah saat kolom dielusi menggunakan larutan HCl 0,05 M sebelum diluruhkan selama ± 24 jam, λ_1= konstanta peluruhan isotop ^{115}Cd, λ_2= konstanta peluruhan isotop ^{115m}In.

Persamaan 2 ini yang digunakan untuk menghitung radioaktivitas ^{115m}In secara teoritis dan bila dibandingkan dengan radioaktivitas ^{115m}In yang diperoleh dari hasil pemisahan yang dicacah dengan spektrometer gamma pada waktu t= 0, maka diperoleh efisiensi pemisahan radioisotop ^{115m}In.

TATA KERJA

Bahan dan peralatan

Serbuk Kadmium oksida (CdO) alam, diperoleh dari Merck digunakan sebagai bahan sasaran dan HNO_3 pekat

$$^{115}Cd \xrightarrow{\beta} {}^{115m}In \xrightarrow{\gamma} {}^{115}In$$

sebagai pelarut bahan sasaran paska iradiasi di dalam reaktor. Ampul quartz pada level iradiasi digunakan untuk wadah bahan sasaran CdO yang dimasukkan di dalam tabung aluminium iradiasi dan selanjutnya di masukkan lagi ke dalam kapsul iradiasi

yang dibuat dari bahan aluminium. Bahan kimia lainnya yaitu Kalium Iodida (KI) didapatkan dari Merck dan resin penukar ion AG 1X8 (Cl^-), 37-74 *microns*, dari *Bio-Rad Laboratories* digunakan untuk proses pemurnian radioisotop ^{115m}In.

Penetapan konsentrasi radioaktivitas dan kemurnian radionuklida dari radioisotop ^{115}Cd dan ^{115m}In dilakukan menggunakan seperangkat spektrometer gamma yang dilengkapi analisator saluran ganda (*Multi Channel Analizer= MCA*) model Canberra 1000 dan detektor sinar gamma Germanium kemurnian tinggi (HP-Ge) dari *Canberra Industries*, Inc., dan perangkat lunak Genie 2000 VDM. Spektrometer gamma ini dikalibrasi menggunakan sumber radiasi gamma yang berupa titik terdiri dari ^{60}Co (1173,23 KeV dan 1332,51 KeV), ^{133}Ba (302,85 KeV dan 356,01 KeV) dan ^{137}Cs (661,64 KeV). Peralatan penunjang yang penting lainnya adalah mikro pipet 50 µl dan 5 µl dari Eppendorf, kertas saring Whatman 41. Bejana gelas 50 ml dan 100 ml dari Pyrex, Tabung gelas untuk kolom kromatografi panjang 10 cm dengan diameter dalam 0,8 cm.

Iradiasi sasaran CdO

Sebanyak 50 s/d 100 mg serbuk CdO alam dimasukkan ke dalam ampul quartz yang dilas sampai kedap udara, kemudian dimasukan ke dalam tabung aluminium inner dan outer dilas kedap udara dan dimasukkan ke reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy untuk diiradiasi.

Perlakuan pasca iradiasi

Bahan sasaran CdO teriradiasi diambil dari ampul quartz, dimasukkan ke dalam bejana gelas 100 ml. Sebanyak 10 ml HNO_3 pekat berasap ditambahkan ke dalam bejana dan dipanaskan secara perlahan hingga kering. Sebanyak 10 ml HCl pekat ditambahkan dan dipanaskan sampai mendidih dan hingga kering. Langkah ini dilakukan 3 kali ulangan. Selanjutnya sebanyak 15 ml akuades ditambahkan dan dipanaskan sampai mendidih dan hingga kering. Langkah ini dilakukan 3 kali ulangan. Matriks kadmium teriradiasi di dalam bejana gelas dilarutkan kembali ke dalam 20 ml akuades. Tambahkan 8,5 g kalium iodida (KI). Larutan ini dibiarkan sekitar 30 menit untuk memberi kesempatan terbentuknya senyawa kompleks CdI_4^{-2}. Simpan di dalam botol bertutup dan diberi label (larutan 1).

Penetapan konsentrasi radioaktivitas ^{115}Cd dan ^{115m}In sebelum pemisahan.

Sebanyak 5 µl atau 20 µl atau 50 µl cuplikan larutan stok ^{115}Cd – ^{115m}In (larutan 1) dicuplik dan diencerkan ke dalam labu takar 100 ml, dan ditambahkan akuades sampai garis tanda. Sebanyak 5 µl atau 20 µl atau 50 µl cuplikan yang telah diencerkan (3 kali ulangan) diambil dengan pipet mikro dan diteteskan di atas kertas saring whatman bulat berdiameter 2,5 cm, cuplikan dibiarkan kering di udara, kemudian dicacah dengan spektrometer gamma yang telah dikalibrasi. (Jam, tanggal, bulan, tahun pencacahan, lama pencacahan, nilai cacahan tiap-tiap energi yang ada dicatat, dan spektrum gamma dicetak, data-data itu dicatat dalam formulir yang tersedia secara baik). Radioaktivitas ^{115}Cd dan ^{115m}In dihitung masing masing didasarkan atas luas puncak (cacahan per menit) pada energi gamma 528 KeV (Cd-115) dan 336 KeV (^{115m}In) dengan mempertimbangkan intensitas, efisiensi pencacahan dan faktor pengenceran.

Proses pemurnian ^{115m}In

Resin penukar anion AG I X 8 (Cl^-) dengan ukuran pori 37 s/d 74 *microns* secukupnya dimasukkan ke dalam kolom (dengan ketinggian resin dalam kolom ~ 2 cm). Resin penukar anion dicuci dengan etanol secukupnya (dilakukan 3 kali ulangan). Resin penukar anion dicuci lagi dengan larutan HCl 0.05 M secukupnya, (dilakukan 3 kali ulangan). Resin dicuci dengan akuades secukupnya, (dilakukan 3

ISSN 0852-4777

kali ulangan). Resin dibiarkan terendam dalam akuades. Sejumlah tertentu larutan stok Cd teriradiasi dalam bentuk CdI_4^{-2} dimasukkan ke dalam kolom, dan dibiarkan menetes ke bawah dan ditampung sebagai limbah. Kolom dicuci dengan menuangkan 20 ml HCl 0,05 M dan eluat tampung di dalam botol plastik 50 ml (botol 2= botol eluat 2). Kolom resin yang telah berisi ^{115}Cd diluruhkan selama 24 jam. Selanjutnya kolom dielusi dengan 10 ml HCl 0,05 M dan eluat ditampung di dalam botol plastik 30 ml (botol 3= eluat 3). Masing masing eluat dalam botol 1 dan 2 dicacah dengan mengambil cuplikan sebanyak volume tertentu (5 µl, atau 50 µl) dengan spektrometer Gamma (dilakukan 3 kali ulangan pencacahan). Luas puncak pada energi yang ada dicetak. Jam, tanggal, tahun dan puncak energi pencacahan dicatat. Larutan di dalam botol 1 dan botol 2 masing masing sebagai spesi kadmium teriradiasi yang tidak terikat di dalam kolom.

Penetapan konsentrasi radioaktivitas ^{115m}In dalam larutan produk

Sebanyak 5 µl cuplikan produk ^{115m}In dalam botol 3 (3 kali ulangan) diteteskan di atas kertas saring whatman berdiameter 2,5 cm, cuplikan dibiarkan kering di udara dan selanjutnya dicacah dengan perangkat spektrometer gamma. Konsentrasi radioaktivitas ^{115m}In pada energi 336 KeV dihitung. Konsentrasi radioaktivitas ^{115m}In dalam cuplikan ini dibandingkan dengan radioaktivitas ^{115m}In yang dihitung dengan persamaan peluruhan isotop ^{115}Cd (persamaan 2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Unsur kadmium di alam ada 8 jenis isotop (lihat Tabel 1), dengan ditembak neutron akan terjadi reaksi inti (n,γ) dan (n,p). Reaksi inti (n,γ) kadmium alam kemungkinan dapat menghasilkan radioisotop pemancar gamma [^{107}Cd (829 KeV), ^{111}Cd (264 KeV), ^{115}Cd (528 KeV), ^{115m}Cd (934 KeV), ^{117}Cd (564 KeV) dan ^{117m}Cd (273 KeV)], dan satu jenis radioisotop pemnacar alfa, yaitu ^{109}Cd (650 KeV). Reaksi inti (n,p) kemungkinan menghasilkan radioisotop perak (Ag) dari isotop 106, 108, 110, 111, 112, 113, 114 dan 116 yang masing-masing memncarkan sinar gamma dan mempunyai umur paro dan energi yang dapat dilihat di dalam Tabel 1 [8].

Hasil analisis spektrometer gamma dari cuplikan kadmium alam paska iradiasi yang telah dilarutkan diperoleh energi gamma 231,5 KeV, 261 KeV, 336 KeV, 492 KeV dan 528 KeV. Energi - energi gamma itu masing - masing menunjukkan radioisotop ^{115}Cd (231,5 KeV, 261 KeV, 492 KeV dan 528 KeV) dan ^{115m}In (336 KeV) yang merupakan peluruhan partikel beta (β) dari radioisotop induk ^{115}Cd (Tabel 2).

Tabel 1. Radioisotop hasil reaksi inti (n,γ) dan (n,p) dari bahan sasaran CdO alam [8].

Isotop Target Cd Alam (Kelimpahan %)	Hasil Reaksi Inti					
	(n,γ)			(n,p)		
	Isotop	Energi γ	T1/2	Isotop	Energi	T1/2
^{106}Cd (1,25%)	^{107}Cd	829 KeV	6,5 jam	^{106}Ag	512 KeV	24 menit
^{108}Cd (0,89%)	^{109}Cd	650 KeV*	463 hari	^{108}Ag	633 KeV	2,41 menit
^{110}Cd (12,49%)	^{111}Cd	264 KeV	49 menit	^{110}Ag	658 KeV	24,6 detik
^{111}Cd (12,80%)	^{112}Cd	Stabil	stabil	^{111}Ag	342 KeV	7,45 hari
^{112}Cd (24,10%)	^{113}Cd	Stabil	stabil	^{112}Ag	617 KeV	3,12 jam
^{113}Cd (12,22%)	^{114}Cd	Stabil	stabil	^{113}Ag	299 KeV	5,37 jam
^{114}Cd (28,70%)	^{115}Cd ^{115m}Cd	528 KeV 934 KeV	53,38 jam 44,6 jam	^{114}Ag	588 KeV	4,5 detik
^{116}Cd (7,49%)	^{117}Cd ^{117m}Cd	564 KeV 273 KeV	3,31 jam 2,42 jam	^{116}Ag	514 KeV	2,7 menit
Keterangan: *Energi partikel alfa (α)						

Tabel 2. Radioisotop hasil dari bahan sasaran CdO alam yang dianalisis menggunakan spetrometer gamma.

Isotop	Energi γ (KeV)	Intensitas (%) [13]	$T_{1/2}$ (Jam) [13]
^{115}Cd	231,5	0,74	53,38
^{115}Cd	261,0	1,94	53,38
^{115m}In	336,0	45,8	4,49
^{115}Cd	492	8,03	53,38
^{115}Cd	528	27,5	53,38

ISSN 0852-4777

Sebelum digunakan untuk pencacahan cuplikan kadmium teriradiasi, spektrometer gamma dikalibrasi lebih dahulu. Kalibrasi dilakukan menggunakan sumber standar campuran pemancar sinar gamma untuk mendapatkan efisiensi pencacahan. Adapun hasil kalibrasi spektrometer gamma tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3. Efisiensi (%) diperoleh dari hasil kalibrasi perangkat spektrometer gamma di Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka dengan standar radioisotop campuran (^{133}Ba, ^{137}Cs dan ^{60}Co) sumber pemancar sinar gamma] dan Gambar 1.

Tabel 3. Efisiensi pencacahan sumber standar.

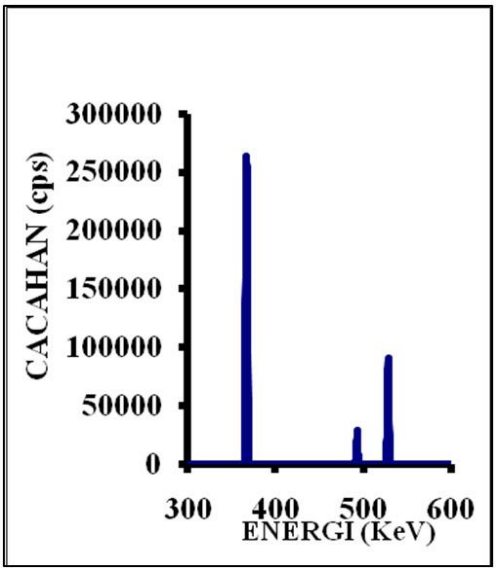
No	Isotop	Energi (KeV)	Efisiensi (%)*
1	^{133}Ba	302,85	0,604
2	^{133}Ba	356,01	1,352
3	^{137}Cs	661,64	0,700
4	^{60}Co	1173,20	0,404
5	^{60}Co	1332,50	0,354

Dari kurva kalibrasi tersebut (Gambar 1) dapat ditetapkan efisiensi pencacahan untuk radioisotop ^{115}Cd (dengan energi gamma 528 KeV) dan ^{115m}In dengan energi gamma 336 KeV) menggunakan persamaan fungsi efisiensi (y) terhadap fungsi x (energi) yaitu y = -0,82 ln (x) + 6,24 dan hasil efisiensinya dapat dilihat dalam Tabel 4.

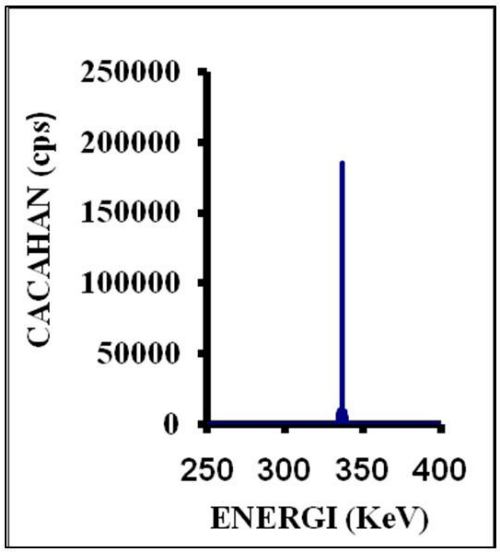
Tabel 4. Efisiensi pencacahan cuplikan ^{115}Cd dan ^{115m}In.

No	Isotop	Energi (KeV)	Efisiensi (%)
1	^{115}Cd	528,10	1,0484
2	^{115m}In	336,20	1,4224

Perhitungan konsentrasi radioaktivitas ^{115}Cd dalam larutan stok yang berupa matriks kadmium alam paska iradiasi, efisiensi serapan ^{115}Cd ke dalam resin, konsentrasi radioaktivitas dan kemurnian radionuklida produk ^{115m}In, untuk itu diambil contoh perhitungan pada percobaan 1. Dalam percobaan pertama diperoleh larutan stok kadmium teriradiasi sebanyak 20 ml. Dicuplik larutan stok kadmium alam teriradiasi itu sebanyak 5 µl kemudian dicacah dengan spektrometer gamma selama 600 detik. Dari hasil pencacahan cuplikan kadmium teriradiasi diperoleh spektrum gamma pada energi 336,6 KeV (^{115m}In), 492,6 KeV (^{115}Cd) dan 528,2 KeV (^{115}Cd) (Gambar 2), dan diperoleh cacahan sebesar 90721 cacahan pada energi 528,2 KeV (^{115}Cd) dan 263423 cacahan pada energi 336,3 KeV (^{115m}In), sehingga dapat dihitung konsentrasi radioaktivitas ^{115}Cd di dalam larutan stok dengan memperhitungkan faktor pengenceran, intensitas dan efisiensi pencacahan.



Gambar 2. Spektrum gamma larutan stok cadmium teriradiasi.



Gambar 3. Spektrum gamma eluat produk ^{115m}In.

Pada percobaan 1 diperoleh data perhitungan konsentrasi radioaktivitas ^{115}Cd dan ^{115m}In seperti dalam Tabel 5, maka diperoleh konsentrasi radioaktivitas ^{115}Cd sebesar 267,90 μCi/ml, atau radioaktivitas total= 20 x 267,90 μCi= 5358 μCi.

Dalam proses pemisahan radionuklida ^{115m}In digunakan sebanyak 5 ml larutan stok ^{115}Cd dimasukkan ke dalam kolom, artinya radioaktivitas ^{115}Cd sebesar (5/20) x 5,358 mCi= 1,34 mCi saat pengukuran. Pada saat pencucian kolom ternyata masih ada radionuklida ^{115}Cd yang tidak terikat oleh resin, yaitu sebesar 20 x 7,02 μCi= 140,4 μCi pada saat pengukuran, atau efisiensi penyerapan radionuklida ^{115}Cd ke dalam resin sebesar [(1340-140,4)/1340] x 100%= 89,5%.

Pada pencacahan eluat larutan hasil pemisahan atau produk ^{115m}In menggunakan spektrometer gamma diperoleh spektrum gamma pada energi 336,6 KeV (^{115m}In) (Gambar 3). Hal ini membuktikan bahwa radioisotop ^{115m}In mempunyai kemurnian radionuklida 100%.

Tabel 5. Hasil perhitungan konsentrasi radioaktivitas ^{115}Cd dan ^{115m}In pada waktu pengukuran pada percobaan 1.

Cuplikan		Stok	Limbah	Eluat
Isotop		^{115}Cd	^{115}Cd	^{115m}In
Eγ	(KeV)	528	528	336
Ef. S.G.	(%)	1,048	1,048	1,472
Intensitas	(%)	0,2910	0,2910	0,4670
T. Cacah	(detik)	600	600	900
Cps		151,20	3,96	307,62
A_o	(μCi/ml)	267,90	7,11	3753,01
T_o	Tgl	23-1-08	23-1-08	23-1-08
	Pukul	09:02	10:08	09:55
T_1	Tgl	23-1-08	23-1-08	23-1-08
	Pukul	09:02	09:02	09:02
$T_{1/2}$	(jam)	53,38	53,38	4,49
A_1	(μCi/ml)	267,9	7,02	80,62
V	(ml)	20	20	10
A_t	μCi	5358	0,140	80,62

Keterangan: Eγ= energi gamma, Intensitas= intensitas peluruhan energi gamma, Ef. S.G.= efisiensi spektrometer gamma, T. Cacah= lama pencacahan, Cps= cacahan per detik; A_0= radioaktivitas saat T_0, T_0= waktu pencacahan, T_1= waktu kalibrasi (tertentu), $T_{1/2}$= waktu paruh, A_1= radioaktivitas waktu kalibrasi dan A_t= radioaktivitas total.

ISSN 0852-4777

Radionuklida ^{115m}In yang diperoleh dari pencacahan selama 900 detik ini sebesar 80,62 μCi/ml, maka dari penelitian ini (2 kali percobaan) diperoleh hasil seperti terdapat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil percobaan pemisahan radionuklida ^{115m}In melalui kolom kromatografi.

Percobaan	R.A. ^{115}Cd	R.A. ^{115m}In (μci)	Ef. Serap ^{115}Cd (%)	K.R. ^{115m}In (%)
1	5,358 mCi	806,2	89, 5	100
2	15,27 μCi	1,46	99,5	100
Keterangan: R.A.= radioaktivitas, Ef. Serap= efisiensi penyerapan resin terhadap ^{115}Cd, K.R.= kemurnian radionuklida ^{115m}In.				

SIMPULAN

Hasil percobaan dari dua kali iradiasi CdO alam menunjukkan bahwa diperoleh radioaktivitas ^{115}Cd masing masing sebesar 5,358 mCi dan 15,27 μCi, efisiensi penyerapan ^{115}Cd ke dalam resin masing-masing sebesar 89,5% dan 99,5%, radioaktivitas ^{115m}In telah dapat dipisahkan dari matriks kadmium teriradiasi dengan tingkat radioaktivitas masing-masing sebesar 80,62 μCi dan 1,46 μCi, dan kemurnian radionuklida produk ^{115m}In 100%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terlaksananya tulisan/paper ini saya mengucapkan terima kasih kepada Sriyono, Mujinah dan Witarti yang telah membantu dalam pelaksanaan percobaan dari penyiapan sasaran yang akan diiradiasi, pelarutan sasaran paska iradiasi, pemisahan dan pemurnian radioisotop ^{115m}In dari matriks kadmium alam teriradiasi sampai dengan analisis radionuklida menggunakan spektrometer gamma. Semoga amal baik bapak dan ibu mendapat balasan yang sebanyak-banyaknya dari Allah SWT. Amien.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. G.J. Ehrhart, W. Volkert, W.F. Goeckeler, D. N. Kapsch, (1995), A New ^{115}Cd/^{115m}In Radioisotope Generator, J. Radioanal. Nucl. Chem, Letters, 201 [20], 89-96.

[2]. A Mushtaq, H.M.A. Karim, (1993), Ion Exchange Behavior of Cadmium and Indium on Organic Anion and Cation Exchange Column, J. Radioanal. Chem., 60, 189-191.

[3]. D.K. Bhattacharyya, S. Basu, (1979), Separation of Carrier-free ^{115m}In from ^{115}Cd and ^{132}I from ^{132}Te over the Zirconium Oxide Column, J. Radioanal. Chem. 52 [2], 267-273.

[4]. Thakur M.L., (1981), Cell labeling: Achievements, challenges and prospects, J. Nucl. Med. 22:1011-1109.

[5]. J.L. Vucina, (2001), Elution Efficiency of ^{99}Mo/^{99m}Tc Generators, Facta Universitatis. Series; Physics, Chemistry and Technology Vol. 2, No. 3, 125-130.

[6]. Diego Cecchin, Md., Piertro Zucchetta Md, Paolo Faggin Cnmt, Enrico Bolla Healtt Physicist, Franco Bui Md., (2010), ^{99}Mo/^{99m}Tc Generator Shortage: Free, Web-Based Software, Journal Nuclear Medicine, Vol. 51, No. 8, 14N-15N.

[7]. M.R.A. Pillai PhD., (2011), Overcoming the ^{99m}Tc Shortage: Area Options Being Overlooked, Journal of Nuclear Medicine, Vol. 52, No. 2, 27N-28N.

[8]. Sriyono, Sunarhadijoso Soenarjo, Kadarisman Wisnukaton, Herlina, Mujinah dan Witarti, (2009), Pemisahan Radionuklida Indium-115m dari Matriks Kadmium Alam Pasca Iradiasi dengan Teknik Ekstraksi dan Kromatografi Kolom, Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Yogyakarta, 6 Oktober 2009, ISSN 1410-8178, Buku I, 219-225.

[9]. W. Seemann-Eggebert, G. Pfennig, H. Munzel and H. Kleve-Nebenics chart of The Nuclides, Kernforschungszentrum, Karlsruhe GmbH, (1981).

[10]. Sunarhadijoso Soenarjo, Kadarisman Wisnukaton, Sriyono, Abidin dan Herlina, (2009), Radionuclidic separation of radioactive indium for medical and biological research applications from target matrix based on nuclear reaction of $^{NAT}Cd(n,\gamma)^{115m}In$, *Jurnal Ilmiah* Aplikasi Isotop Dan Radiasi (A Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation), Volume 5, Nomor 2, Desember 2009, 147-165.

[11]. Gehart Fiedlander, Joseph W. Kennedy, Edward S. Macias And Julian Malcolm, (1981), Nuclear and Radiochemistry, Copyright by John Wiley & Sons. Inc, 193-195.

[12]. Wisnu Susetyo dan Fonali Lahagu, (1985), RADIOKIMIA, Pusat Pendidikan dan Latihan, BATAN, 11-12.

[13]. Jean Blachot, (2005), Citation:Nuclear Data Sheets 104, 967.