

ANALISIS FISIKO KIMIA RADIOISOTOP PRASEODIMIUM-143 (^{143}Pr) UNTUK APLIKASI RADIOTERAPI

Duyeh Setiawan

Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri – Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Tamansari No 71, Bandung 40132, E-mail : d_setiawan@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS FISIKO KIMIA RADIOISOTOP PRASEODYMIUM-143 (^{143}Pr) UNTUK APLIKASI RADIOTERAPI. Radioisotop ^{143}Pr merupakan salah satu radioisotop generasi ke dua yang dikembangkan untuk pembuatan sediaan radiofarmasi. Radioisotop ^{143}Pr mempunyai waktu paro 13,57 hari dan pemancar radiasi beta ($E_{\beta} = 0,97 \text{ MeV}$) yang cocok digunakan untuk tujuan radioterapi. Radioisotop ^{143}Pr dapat dibuat dalam reaktor nuklir dengan mengiradiasi sasaran isotop alam melalui peluruhan reaksi inti $^{142}\text{Ce}(n,\gamma)^{143}\text{Ce}$. Pada penelitian ini digunakan sasaran dalam bentuk $^{142}\text{CeO}_2$ yang mempunyai kelimpahan isotop alam (θ) sebesar 11 % dan penampang lintang (σ) 0,95 barn. Sasaran $^{142}\text{CeO}_2$ diiradiasi dalam reaktor nuklir serba guna G.A.Siwabessy Serpong dengan fluks neutron $1,83 \times 10^{14} \text{ n / cm}^2\cdot\text{s}$ selama 112 jam. Produk akhir radioisotop ^{143}Pr diperoleh dalam bentuk larutan jernih dengan rumus kimia $^{143}\text{PrCl}_3$ pada pH 2, konsentrasi radioaktivitas 0,7224 mCi/mL (yield 60,74 %). Analisis fisiko kimia radioisotop ^{143}Pr meliputi penentuan kemurnian radionuklida, radiokimia dan stabilitas. Pengukuran radioaktivitas ^{143}Pr menggunakan MCA (multy channel analyzer) diperoleh kemurnian radionuklida sebesar 99,95 %. Penentuan kemurnian radiokimia dengan metode kromatografi kertas menggunakan fase diam kertas Whatman 3 MM dan fase gerak asam asetat 50 % diperoleh kemurnian radiokimia sebesar $98,86 \pm 0,83 \%$, dan stabil selama 30 hari.

Kata kunci : praseodimium -143, reaktor, sasaran alam, radioterapi.

ABSTRACT

PHYSICAL CHEMISTRY ANALYSIS OF PRASEODYMIUM-143 (^{143}Pr) RADIO-ISOTOPE FOR RADIOTHERAPY APPLICATIONS. Radioisotope ^{143}Pr is one of the second generation radioisotope which is developed for the preparation of radiopharmaceuticals. Radioisotope ^{143}Pr having a half life of 13.57 days, and beta radiation energy emitted ($E_{\beta} = 0,97 \text{ MeV}$) which is suitable for radiotherapy. Radioisotope ^{143}Pr can be produced in a nuclear reactor by irradiation of natural isotopic target through neutron activation reaction $^{142}\text{Ce}(n,\gamma)^{143}\text{Ce}$ decay. In this research the target used is the natural isotope of $^{142}\text{CeO}_2$ which has a natural isotopic abundance (θ) of 11 % and a cross section (σ) of 0.95 barn. The $^{142}\text{CeO}_2$ target was irradiated in the nuclear reactor of G.A. Siwabessy Serpong by a neutron flux of $1.83 \times 10^{14} \text{ n / cm}^2\cdot\text{s}$ at the time of 112 hours. The final radioisotope product obtained was a clear colorless solution with chemistry formula $^{143}\text{PrCl}_3$ in of pH 2, the radioactivity concentration was 0.7224 mCi/mL (yield 60,74 %). The ^{143}Pr radioisotopes physical chemistry covered the determination of radionuclide purity, radiochemical purity and stability. The measuring its radioactivity using MCA (multy channel analyzer) was obtained of radionuclide purity is 99.95 %. The radiochemical purity determination was done by paper chromatography method using 3 MM Whatman as the stationary phase and acetic acid 50 % as the mobile phase was obtained of radiochemical purity is $98.86 \pm 0.83 \%$ and stable for 30 days.

Keywords : praseodymium – 143, reactor, natural target, radiotherapy.

1. PENDAHULUAN

Aplikasi teknik nuklir dalam bidang kedokteran telah dipelajari sejak 1930-an dengan diciptakannya fosfor radioaktif dengan alat siklotron, padahal saat itu ilmu nuklir baru dalam tahap awal dan cenderung teoritis. Perkembangan serius kedokteran nuklir dimulai tahun 1950-an dengan terciptanya alat khusus yang disebut kamera gamma. Berbeda dengan penggunaan sinar-X atau *CT-scan* yang radiasinya harus menembus tubuh manusia untuk mendeteksi dan merekamnya ke dalam film atau komputer, kedokteran nuklir justru menggunakan cara yang berlawanan. Zat radioisotop dimasukkan ke tubuh pasien melalui mulut atau pembuluh darah, kemudian dideteksi dengan kamera gamma. Zat yang digunakan tersebut memancarkan sinar gamma dengan panjang gelombang lebih pendek daripada panjang gelombang sinar-X.[1].

Saat ini aplikasi teknik nuklir dalam bidang kedokteran tidaklah hanya untuk diagnosis tetapi juga untuk terapi. Berbagai pengobatan menggunakan radioisotop untuk terapi bagian dalam tubuh telah berkembang dan menjadi fitur terkemuka selama satu dekade terakhir. Penggunaan radioisotop untuk penyakit kanker tulang pun menjadi semakin populer sebab dapat menghilangkan rasa sakit, bahkan mematakannya dari kanker tulang tanpa ada efek samping. Beberapa senyawa radioisotop seperti ^{89}Sr , ^{188}Re , ^{153}Sm , ^{166}Ho , ^{90}Y , ^{32}P biasa digunakan pada terapi bagian dalam tubuh [2,3].

Penggunaan radioisotop untuk aplikasi terapi ditentukan oleh beberapa faktor seperti karakteristik radiasi meliputi jenis dan energi radiasi, waktu paro, aktivitas spesifik, kemudahan dalam produksi, kelimpahan dari jumlah target isotop di alam, kemurnian radionuklida, kemurnian radiokimia dan kelayakan produksi dalam pengaplikasiannya. Radioisotop murni dengan pancaran beta sering dipilih untuk terapi radioisotop klinis (*clinical radioisotope therapy*). Batas nilai energi beta yang dipakai dalam radioterapi adalah pada rentang 0,4 – 2 MeV. Selama ini radioisotop yang banyak digunakan dalam terapi di antaranya adalah ^{169}Er (E_{β} 0,34 MeV), ^{153}Sm (E_{β} 0,81 MeV), ^{186}Re (E_{β} 1,07 MeV), ^{32}P (E_{β} 1,71 MeV) dan ^{90}Y (E_{β} 2,28 MeV) [4].

Selain radioisotop tersebut, praseodimium-143 (^{143}Pr) menjadi hal yang menarik dalam terapi karena memiliki sifat nuklir yang sangat sesuai untuk terapi. Radioisotop ^{143}Pr memiliki waktu paro ($t_{1/2}$) 13,57 hari dan energi pancaran

beta (E_{β}) 0,97 MeV. Radioisotop ^{143}Pr menjadi yang berpotensi untuk aplikasi radioterapi sebagai alternatif radioisotop ^{32}P ($t_{1/2}$ 14 hari) yang biasa digunakan untuk radioterapi radang sendi seperti radiofarmaka ^{143}Pr -Hidroksiapatit atau ^{143}Pr -DTPA untuk kanker tulang dengan aktivitas yang dibutuhkan 1 – 3 mCi (5,6). Radioisotop ^{143}Pr tersebut memiliki kelayakan untuk diproduksi pada reaktor nuklir dengan fluks neutron $> 10^{13}$ n/cm².s sehingga memungkinkan untuk diproduksi di Indonesia.

Persyaratan radioisotop ^{143}Pr agar dapat dijadikan radiofarmaka harus diperoleh karakteristik produk akhir dengan kemurnian radiokimia, radionuklida yang tinggi serta mempunyai stabilitas maksimal. Untuk memenuhi persyaratan tersebut diperlukan analisis fisiko-kimia radioisotop ^{143}Pr dengan menggunakan metode yang relatif cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menguasai metode analisis fisiko-kimia radioisotop ^{143}Pr sehingga diperoleh karakteristik yang dibutuhkan dalam pembuatan radiofarmaka untuk aplikasi radioterapi.

2. TATA KERJA

2.1. Bahan kimia dan peralatan.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah $^{142}\text{CeO}_2$ (Aldrich), NaBrO_3 (Aldrich), HIO_3 (Sigma), HNO_3 , HCl , NaOH , CH_3COOH , kertas lakmus, semua buatan E.Merck dengan kemurnian tingkat analitis, akuades buatan IPHA, dan kertas Whatman 3 MM. Peralatan yang digunakan adalah detektor HPGe-MCA, pencacah- β Geiger Muller, pemanas (*thermolyne*) merek Nuova II, neraca mettler No seri 662749 tahun 1988 buatan Perancis, jarum suntik 1 mL (*terumo syringe*), vial, gelas kimia bahan pyrex 1000 mL, pipet tetes, batang pengaduk, pipet gondok (5 mL, 1 mL), pipet ukur (1 mL, 5 mL, 25 mL), gelas ukur (10 mL, 100 mL), pinset, gunting dan sarung tangan (*Gammed*) dengan ukuran 7^{1/2}.

2.2. Persiapan iradiasi sasaran CeO_2

Sebanyak 500 mg CeO_2 alam ($n = 1$) dimasukkan ke dalam gelas kuarsa lalu ditutup dengan cara pengelasan. Gelas kuarsa ditempatkan dalam *inner capsule* yang terbuat dari bahan aluminium *nuclear grade*, lalu ditutup dengan cara pengelasan. Selanjutnya dilakukan uji kebocoran dengan metode

gelembung dalam media air sampai tekanan minus 30 inci Hg. Setelah lolos uji kebocoran, selanjutnya *inner capsule* dimasukkan ke dalam *outer capsule* untuk diirradiasi. Sasaran diirradiasi di dalam reaktor RSG-GA Siwabessy Batan Serpong pada posisi iradiasi CIP (*Centre Irradiation Position*) dengan fluks neutron $1,83 \times 10^{14}$ n/cm²s selama 112 jam, selanjutnya didinginkan selama 288 jam.

2.3. Proses pembuatan larutan ¹⁴³PrCl₃

Sebanyak 500 mg CeO₂ yang telah diirradiasi (n = 1) dilarutkan dalam campuran 10 mL HNO₃ 16 N dan 1 mL H₂O₂ 30 % dengan sedikit pemanasan. Aktivitas radioisotop ¹⁴³Ce yang terjadi diukur menggunakan HPGe-MCA. Selanjutnya larutan dikisatkan sampai volum 5 mL, lalu ditambahkan 50 mL larutan NaBrO₃ 1 M pada campuran reaksi tersebut dan ditempatkan pada penangas air (80 °C) selama 10 menit. Kemudian didinginkan pada penangas es, lalu ditambahkan 10 mL larutan HIO₃ jenuh dengan pengocokan yang konstan untuk mengendapkan cerium iodat. Kemudian diinkubasi selama 10 menit pada penangas es, lalu disaring. Filtrat yang mengandung ¹⁴³Pr dikumpulkan dan kelebihan asam nitrat pada larutan diuapkan dengan bantuan pemanasan (80°C) sampai hampir kering, lalu ditambahkan 1 mL HCl 0,1 M. Aktivitas ¹⁴³Pr diukur dengan pencacah *Geiger Muller* dan kemurnian radionuklida ditentukan dengan HPGe-MCA. Kemurnian radiokimia ditentukan dengan kromatografi kertas menggunakan fase gerak asam asetat 50 % dan elektroforesis pada kondisi satu jam, 10 V/cm, bufer fosfat 0,025 M pH 7,5.

2.4. Pengukuran aktivitas ¹⁴³Pr (¹⁴³PrCl₃) menggunakan pencacah Geiger Muller.

Sebanyak 5 µL larutan ¹⁴³PrCl₃ diteteskan pada aluminium foil dan diukur konsentrasi radioaktivitasnya menggunakan pencacah *Geiger Muller* (GM). Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali ulangan, masing-masing 100 detik.

2.5. Penentuan kemurnian radionuklida ¹⁴³Pr (¹⁴³PrCl₃)

Sebanyak 5 µL larutan ¹⁴³PrCl₃ dipipet lalu diteteskan pada aluminium foil dan diukur dengan menggunakan detektor HPGe-MCA, kemudian spektrum gamma yang diperoleh

dianalisis, pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali.

2.6. Penentuan kemurnian radiokimia, muatan listrik dan stabilitas ¹⁴³PrCl₃.

Pemeriksaan kemurnian radiokimia, stabilitas ¹⁴³PrCl₃ dilakukan dengan cara kromatografi kertas, dan muatan listrik dengan cara elektroforesis [7]. Cara kromatografi menggunakan fase diam kertas whatman 3 MM berukuran 1 cm x 20 cm, dan fase gerak (eluen) digunakan asam asetat 50 %. Cuplikan larutan ¹⁴³PrCl₃ ditotolkan pada jarak 2 cm di bagian bawah kertas Whatman 3 MM, kemudian kertas dimasukkan ke dalam bejana yang telah jenuh oleh eluen. Elusi dilakukan sampai jarak migrasi fase gerak mencapai 20 cm. Setelah kertas dikeringkan di udara lalu dipotong-potong dalam bagian jarak 1 cm, kemudian masing-masing bagian dicacah radioaktivitasnya menggunakan perangkat pencacah *Geiger Muller*. Cara mengerjakan penentuan kemurnian radiokimia ¹⁴³PrCl₃ diatas diulangi untuk menguji kestabilan setiap minggu sampai minggu ke 4. Penentuan muatan listrik dengan cara elektroforesis menggunakan kertas Whatman 3 MM (2 cm x 30 cm) dan larutan bufer fosfat 0,025 M pH 7,5 sebagai larutan elektrolitnya, elusi dilakukan selama 1 jam pada tegangan 350 volt. Kertas elektroforesis dikeringkan, dipotong-potong dan dicacah dengan pencacah *Geiger Muller*. Muatan listrik diketahui berdasarkan pergerakan cuplikan, yaitu jika muatan bergerak kearah katoda, berarti cuplikan bermuatan positif, dan bergerak kearah anoda berarti cuplikan bermuatan negatif atau tetap pada titik nol (netral).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengukuran radioaktivitas ¹⁴³Ce dan ¹⁴³Pr (¹⁴³PrCl₃).

Aktivitas radioisotop ¹⁴³Ce yang terbentuk dapat dihitung secara teori dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Reaksi inti : $^{142}\text{Ce}(n,\gamma)^{143}\text{Ce}$

$$A = N \cdot \phi \cdot \sigma (1 - e^{-\lambda t}) e^{-\lambda t} \quad (1)$$

A = Aktivitas (mCi)

N = Banyaknya inti atom yang disinari

ϕ = Fluks neutron (n/cm².s)

σ = Penampang lintang reaksi
(1 barn = 10^{-24} cm²)

λ = Tetapan peluruhan radionuklida yang terbentuk

t_i = Lamanya iradiasi (jam)

t_p = Lamanya pendinginan (jam)

Perhitungan teoritis :

- Diketahui data CeO₂ (99,9 %) alam : berat atom (BA) isotop ¹⁴²Ce = 142; berat atom (BA) Ce = 140; berat molekul (BM) CeO₂ = 172; penampang lintang (σ) = $0,9 \times 10^{-24}$ cm², kelimpahan isotop ¹⁴²Ce (θ) = 11 %;
- Data iradiasi sasaran ¹⁴²CeO₂ dalam reaktor PRSG Serpong adalah sebagai berikut : fluks neutron (ϕ) = $1,83 \times 10^{14}$ n/cm².s, lamanya iradiasi (t_i) = 112 jam, lama pendinginan (t_p) = 288 jam, tetapan peluruhan (λ) ¹⁴³Ce = $\frac{0,693}{33} = 0,021$ jam⁻¹, umur paro ($T_{1/2}$) ¹⁴³Ce = 33 jam, Bilangan Avogadro = $6,02 \times 10^{23}$ atom
- Sasaran ¹⁴²CeO₂ alam sebanyak 500 mg mengandung jumlah inti ¹⁴²Ce (N) = $[(\frac{99,9}{100}) \times (\frac{140}{172}) \times (\frac{11}{100})(0,5)] / (142) \times 6,02 \times 10^{23}$ atom = $1,9 \times 10^{20}$ atom;
- Hasil perhitungan menurut Persamaan (1) diperoleh aktivitas (A) ¹⁴³Ce sebesar :

$$A = (1,9 \cdot 10^{20})(1,83 \cdot 10^{14})(0,95 \cdot 10^{-24})[(1 - e^{-(0,021)(112)})(e^{-(0,021)(288)})]$$

$$= (33031500000)(1 - ,095)(0,0023)$$

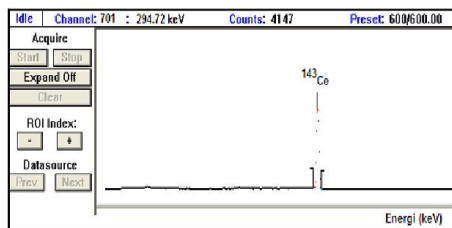
$$= 68\ 755\ 067\ \text{dps atau;}$$

$$= 68\ 755\ 067 / 3,7 \times 10^7\ \text{mCi}$$

$$= 1,8582\ \text{mCi.}$$

Perhitungan hasil percobaan :

Pengukuran HPGe-MCA dari ¹⁴³Ce dilakukan setelah proses iradiasi (IOE) dengan pendinginan selama 18,5 hari diperoleh data seperti dirangkum dalam Tabel 1 dan spectrum gamma ¹⁴³Ce seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum sinar gamma radioisotope ¹⁴³Ce

Tabel 1 Data hasil pengukuran dan perhitungan aktivitas ¹⁴³Ce.

Energy (keV)	Net peak area	Peak Efficiency	Intensitas (Bq)**	Aktivitas (mCi)*	Radionuklida**
1	2	3	4	5	6
18.90	1.28E+002	3.16E-001	-	-	Latar belakang
33.28	4.46E+002	1.90E-001	-	-	Latar belakang
40.12	1.08E+002	1.60E-001	-	-	Latar belakang
52.19	3.77E+001	1.26E-001	-	-	Latar belakang
146.23	1.89E+002	2.68E-002	48.3	3.95E-004	¹⁴¹ Ce
166.78	8.55E+001	2.68E-002	79.9	1.08E-003	¹⁴² Ce
283.48	6.86E+001	2.76E-002	3.1	2.17E-003	¹⁴² Yb
294.72	6.21E+005	2.68E-002	42.0	1.49E+000	¹⁴³ Ce
397.44	1.18E+002	2.04E-002	6.5	2.41E-003	¹⁴³ Yb

Catatan :

*) Aktivitas (kolom 5) = (kolom 2)/(kolom 3) x (kolom 4) : $3,7 \times 10^7$

***) Sumber : Menno Blaauw., The ko-Consistent IRI Gamma-ray Catalogue for Instrumental Neutron Activation Analysis Universiteit Delft 1996

Hasil pengukuran konsentrasi radioaktivitas ¹⁴³Ce menurut percobaan sebesar 1,49 mCi (Tabel 1), atau 80 % merupakan radioaktivitas ¹⁴³Pr sebesar 1,19 mCi (4). Sehingga ¹⁴³PrCl₃ setelah melalui proses pemisahan dengan cara pengendapan diperoleh aktivitas sebesar 0,7224 mCi (Yield 60,74 %) dengan volume total sebanyak 1 mL. Data hasil pengukuran dan perhitungan aktivitas ¹⁴³PrCl₃ dengan GM menggunakan persamaan sbb :

$$\text{Cps}_0 = \text{Cps} / [1 - (220 \times 10^{-6} \times \text{Cps})] \quad (2)$$

$$\text{Akt.}(\mu\text{Ci}) = 100/11,76 \times (\text{pengenceran}) \times 1/3,7 \times 10^4 \times \text{Cps}_0 \quad (3)$$

Diketahui : Cps = 3526,59 (hasil pengukuran cuplikan)

$$\text{Cps}_0 = 15733,16 \text{ (hasil perhitungan Persamaan 2)}$$

Pengenceran = 200 kali (1000 μL /5 μL)

Hasil perhitungan persamaan (3) diperoleh aktivitas sebesar 722,4 μCi atau 0,7224 mCi.

Berdasarkan Yield yang diperoleh dari hasil percobaan menunjukkan bahwa pembuatan ¹⁴³Pr dari sasaran ¹⁴²CeO₂ isotop alam melalui metode pemisahan dengan cara pengendapan dan menggunakan reaktor pada fluks neutron > 10^{14} n/cm².s, dapat dipertimbangkan sebagai prosedur pembuatan ¹⁴³PrCl₃.

3.2. Penentuan kemurnian radionuklida ¹⁴³Pr (¹⁴³PrCl₃)

Karakteristik produk akhir radioisotop ¹⁴³Pr berupa larutan jernih dalam bentuk senyawa kimia ¹⁴³PrCl₃, pH 2. Analisis dengan

spektrometer gamma (MCA) untuk mengetahui adanya hasil produk aktivasi (pengotor) yang sulit dipisahkan satu terhadap lainnya seperti ^{141}Ce , ^{139}Ce dan ^{175}Yb yang merupakan pemancar gamma. Data hasil analisis seperti dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis radioinuklida dalam cuplikan $^{143}\text{PrCl}_3$ menggunakan MCA.

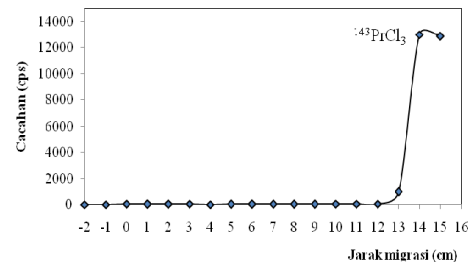
Energy (keV)	Net peak area	Peak Efficiency	Aktivitas [mCi]	Radionuklida
1	2	3	4	5
14.34	2.30E+002	4.41E-004	-	Letak belakang
18.63	3.98E+002	1.81E-003	-	Letak belakang
18.33	8.67E+002	1.67E-003	-	Letak belakang
18.33	8.67E+002	1.67E-003	-	Letak belakang
33.15	4.92E+002	1.68E-002	-	Letak belakang
146.24	1.97E+002	7.27E-002	1.52E-004	^{141}Ce
166.80	0.81E+001	6.74E-002	4.10E-006	^{139}Ce
397.44	1.11E+001	2.71E-002	1.76E-004	^{175}Yb

Tabel 2 menunjukkan adanya radionuklida ^{141}Ce hasil reaksi inti $^{140}\text{Ce}(n,\gamma)^{141}\text{Ce}$, dan ^{139}Ce hasil reaksi inti $^{138}\text{Ce}(n,\gamma)^{139}\text{Ce}$ serta ^{175}Yb berasal dari $^{174}\text{Yb}(n,\gamma)^{175}\text{Yb}$. Jumlah aktivitas radionuklida ^{141}Ce , ^{139}Ce dan ^{175}Yb tersebut adalah $1,52 \times 10^{-4} + 4,10 \times 10^{-6} + 1,7 \times 10^{-4} = 3,26 \times 10^{-4}$ mCi (Perhitungan aktivitas pada kolom 4 sama seperti pada Tabel 1). Persentase pengotor dihitung dari hasil perbandingan aktivitas pengotor terhadap total aktivitas $^{143}\text{PrCl}_3$, yaitu sebesar $(3,26 \times 10^{-4} : 0,7224 \times 100 \% = 0,0451 \%)$ atau diperoleh kemurnian radionuklida sebesar $100 \% - 0,0451 \% = 99,95 \%$.

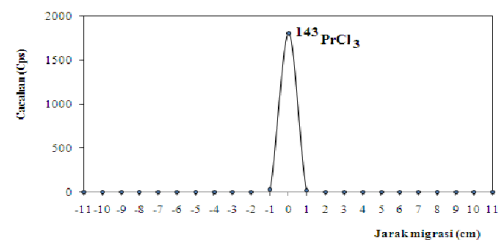
3.3. Penentuan kemurnian radiokimia dan stabilitas ^{143}Pr ($^{143}\text{PrCl}_3$)

Fenomena lain yang sangat penting dalam karakterisasi produk akhir $^{143}\text{PrCl}_3$ adalah kemurnian radiokimia. Uji kemurnian dengan cara metode kromatografi kertas menggunakan kertas Whatman 3 MM fase diam dan fase gerak asam asetat 50 % merupakan sistem kromatografi yang dapat digunakan untuk penentuan kemurnian radiokimia $^{143}\text{PrCl}_3$ (7). Sistem tersebut menunjukkan hasil pemisahan yang baik antara $^{143}\text{PrCl}_3$ ($R_f = 0,9$) dan $^{143}\text{Pr}(\text{OH})_3$ sebagai pengotor ($R_f = 0$). Kromatogram dari radioisotop $^{143}\text{PrCl}_3$ seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan $^{143}\text{PrCl}_3$ mempunyai puncak radioaktivitas tunggal pada harga $R_f = 0,9$ dan mempunyai kemurnian radiokimia sebesar $98,86 \pm 0,83 \%$. Hasil uji elektroforesis untuk menentukan muatan listrik dari $^{143}\text{PrCl}_3$ seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

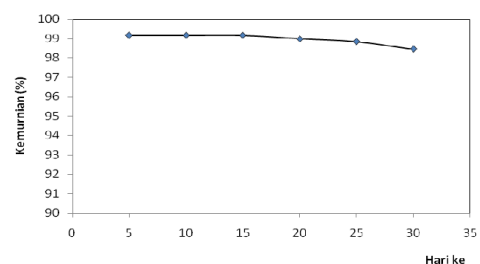


Gambar 1. Kromatogram $^{143}\text{PrCl}_3$ pada eluen asam asetat 50 %



Gambar 2. Elektrogram $^{143}\text{PrCl}_3$ pada eluen bufer fosfat pH 7

Gambar 2 menunjukkan bahwa senyawa $^{143}\text{PrCl}_3$ merupakan spesi kimia yang tidak bermuatan yaitu bahwa Praseodymium-143 tri klorida berada pada titik nol ($R_f = 0$) dan tidak terdistribusi ke katoda dan anoda, hal ini membuktikan bahwa ikatan yang terjadi pada Praseodymium-143 tri klorida stabil dan berada pada bilangan valensi 3^+ . Kestabilan senyawa $^{143}\text{PrCl}_3$ dapat diuji dengan cara menentukan kemurnian radiokimia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kestabilan kemurnian radiokimia $^{143}\text{PrCl}_3$

Gambar 3 menunjukkan hasil uji kestabilan larutan sediaan $^{143}\text{PrCl}_3$ stabil selama 30 hari dan dapat mempertahankan kemurnian radiokimia diatas 98 % pada suhu kamar.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis fisiko-kimia diperoleh spesifikasi produk akhir radioisotop $^{143}\text{PrCl}_3$ dalam bentuk larutan jernih, pH 2, konsentrasi radioaktivitas 0,7224 mCi/mL (*yield* 60,74 %). Kemurnian radionuklida $^{143}\text{PrCl}_3$ sebesar 99,95 % dengan kemurnian radiokimia $98,86 \pm 0,83$ % dan stabil sampai 30 hari pada temperatur kamar. Kesimpulan hasil analisis ini dengan metode yang digunakan dapat dipertimbangkan sebagai alternatif untuk prosedur dalam penentuan persyaratan sediaan radioisotop untuk radioterapi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada ibu/bapak Nanih Kusnaeni, Nana Suherman, Titin Srimulyati dan Lisa (Mahasiswi kimia Unpad) yang telah membantu untuk menyelesaikan kegiatan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. UNNI, P.R., KOTHARI, K., PILLAI, M.R.A. Therapeutic Applications of Radiopharmaceuticals, Proceedings of an International Seminar Held in Hyderabad, India, 18-22 January 1999: Radiochemical processing of radionuclides (^{105}Rh , ^{166}Ho , ^{153}Sm , ^{186}Re . And ^{188}Re) for targeted radiotherapy. IAEA : TECDOC-1228; (2001) 90 – 97.
2. GOECKELER, W.F., EDWARDS, B., VOLKERT, W.A., HOLMES, R.A., SIMON, J., WINSTON, D. Skeletal localisation of samarium-153 chelates : Potential therapeutic bone agent. J.Nucl Med., 28 (1987) 495-504.
3. UNNI, P., PILLAI, M.R.A. Thera-peutic Applications of Radio-pharma-ceuticals. Proceedings of an International Seminar held in Hyderabad, India; 18-22 January 1999 : ^{166}Ho labelled hydroxyapatite particles for radiosynovectomy. IAEA : TECDOC-1228; (2001) 249 – 256.
4. VIVALNATH, K.V., DAS, M.K., MEERA VEAKATESH, and RAMAMOORTHY, N. Production Logistics and Prospects of ^{142}Pr and ^{143}Pr for Radionuclide Therapy (RNT). Proceeding of 5th International Conference on Isotopes. Brussel. (2005) pp 103-108.
5. DAS, M.K., NAIR, K.V.V., MUKHERJEE, A., SARMA, H.D., PAL, S., VENKATESH, M and RAMAMOORTHY, N. Preparation and evaluation of [$^{142}\text{Pr}/^{143}\text{Pr}$]-hydro-xyapatite (HA) for radionuclide therapy. Proceeding of 5th International Conference on Isotopes. Brussel. (2005) pp 521-526.
6. CHAKRABORTY, S., DAS, T., UNNI, P.P., SARMA, H.D., SAMUEL, G., BANERJEE, S., VENKATESH., RAMAMOORTHY, N., PILLAI, M.R.A. ^{177}Lu Labelled polyamino-phosphonates as potential agent for bone pain palliation . Nuclear Medicine Communication, 23 (2002) 67-74.
7. SETIAWAN, D., BASIT, M. Pembuatan Radionuklida Praseodymium-142 Untuk Aplikasi Terapi. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir-PTNBR-BATAN Bandung, 22 Juni 2011.

DISKUSI

1. Triani Widyaningrum

Bagaimana pemisahan Pr dengan Ce targetnya?

Duyeh Setiawan

Ce sebagai target diiradiasi. Kemudian Cr hasil iradiasi diendapkan, maka akan didapat Pr sebagai peluruhan dari Cr.

2. Amung Pujiyanto

Apakah dilakukan uji untuk cerium yang tidak aktif?

Duyeh Setiawan

Tidak dilakukan pengujian cerium tidak aktif. Karena pada pengujian Ce tidak aktif ini harus menggunakan AAS. Dimana AAS tidak bisa digunakan untuk mengukur radioaktif. Dan jika menggunakan AAS maka peralatan AAS akan terkontaminasi.