

# PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI RADIOISOTOP $^{46}\text{ScCl}_3$ HASIL IRADIASI BAHAN SASARAN SKANDIUM OKSIDA ALAM

Duyeh Setiawan<sup>1</sup>, Riri Anggraeni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – BATAN, Jl. Tamansari 71 Bandung 40132

<sup>2</sup>Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl. Terusan Jend.Sudirman PO.BOX 148. Cimahi  
d\_setiawan@batan.go.id

## ABSTRAK

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI RADIOISOTOP  $^{46}\text{ScCl}_3$  HASIL IRADIASI BAHAN SASARAN SKANDIUM OKSIDA ALAM.** Radioisotop skandium-46 ( $^{46}\text{Sc}$ ) mempunyai waktu paruh 83,8 hari, pemancar beta ( $E_\beta = 0,35 \text{ MeV}$ ) serta gamma ( $E_\gamma = 889 \text{ keV}$  dan  $1120 \text{ keV}$ ). Radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  diperoleh dengan cara iradiasi bahan sasaran skandium oksida alam ( $^{45}\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) di dalam reaktor Siwabesya pada fluks neutron  $> 10^{14} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Sediaan radioisotop yang dihasilkan berbentuk  $^{46}\text{ScCl}_3$  selanjutnya dikarakterisasi secara fisiko-kimia meliputi penentuan kejernihan, konsentrasi radioaktif, aktivitas jenis, pH, kemurnian radionuklida menggunakan MCA (multy channel analyzer), kemurnian radiokimia menggunakan metode kromatografi kertas dan elektroforesis kertas serta kestabilan penyimpanan dalam temperatur kamar. Hasil karakterisasi radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  diperoleh dalam bentuk larutan jernih, konsentrasi radioaktif pada saat End of Irradiation (EOI) sebesar 38,00 mCi/mL, aktivitas jenis sebesar 18,35 mCi/mg Sc, pH 2, kemurnian radionuklida sebesar 99,63%, kemurnian radiokimia sebesar  $98,30 \pm 0,35 \%$  dan stabil selama 38 hari pada temperatur kamar. Radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  hasil iradiasi bahan sasaran skandium oksida alam memiliki karakteristik fisiko- kimia untuk mengembangkan senyawa bertanda scandium.

Katakunci : radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$ , skandium alam, karakteristik, senyawa bertanda

## ABSTRACT

**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF RADIOISOTOPE  $^{46}\text{ScCl}_3$  FROM IRRADIATED NATURAL SCANDIUM OXIDE MATERIAL TARGET.** Radioisotope scandium-46 ( $^{46}\text{Sc}$ ) has a half-life of 83.8 days, beta-emitter ( $E_\beta = 0.35 \text{ MeV}$ ) and gamma ( $E_\gamma = 889 \text{ keV}$ ,  $1120 \text{ keV}$ ). Radioisotope  $^{46}\text{Sc}$  was obtained by irradiated natural scandium oxide material target ( $^{45}\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) in the Siwabesya reactor by neutron at fluks of  $> 10^{14} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Radioisotope obtained was in the form  $^{46}\text{ScCl}_3$  which was further the characterization of physico-chemical include the determination of clarity, radioactive concentration, specific activity, pH, radionuclide purity using MCA (multy channel analyzer), radiochemical purity using paper chromatography and paper electrophoresis method and storage stability in the room temperature. The characteristic of radioisotope  $^{46}\text{ScCl}_3$  is obtained in the form clear solution, radioactive concentrations during the end of irradiation (EOI) for 38.00 mCi/mL, specific activity of 18.35 mCi/mg Sc, the pH of 2, the radionuclide purity of 99.63 %, radiochemical purity of  $98.30 \pm 0.35 \%$  and stable for 38 days at room temperature. The radioisotopes  $^{46}\text{ScCl}_3$  by irradiated natural scandium oxide material target has a characteristic of physico-chemical are development for scandium labelled compound.

Keywords : radioisotope  $^{46}\text{ScCl}_3$ , nature scandium, characterization, labeled compound.

## 1. PENDAHULUAN

Radioisotop merupakan bagian yang penting

dalam pembuatan suatu radiofarmaka, baik untuk diagnosis maupun terapi. Sekitar 95% penggunaan radioisotop di bidang kedokteran nuklir adalah

untuk tujuan diagnosis. Akan tetapi, akhir-akhir ini penggunaan radioisotop untuk keperluan terapi mulai mengalami peningkatan. Kebanyakan radioisotop yang digunakan secara *in-vivo* untuk terapi merupakan pemancar- $\beta$  yang dihasilkan dari reaktor penelitian [1]. Pemilihan radioisotop sebagai prekursor dalam pembuatan radiofarmaka untuk terapi sangat tergantung pada aplikasinya. Kriteria dalam pemilihan radioisotop yang cocok untuk keperluan terapi tidak hanya berdasarkan pada sifat-sifat fisiknya seperti waktu paruh, karakteristik peluruhan, jarak tembus, dan energi dari partikel yang dipancarkan, tetapi juga berdasarkan pada lokalisasinya yang spesifik, farmakokinetik [2]. Penggunaan radioisotop dengan waktu paruh medium dan energi gamma rendah menjadi pilihan utama di bidang kesehatan untuk aplikasi teknik nuklir. Radioisotop yang digunakan secara *in-vivo* untuk terapi di bidang kedokteran nuklir harus memperhatikan tiga syarat utama, yaitu memiliki kemurnian radionuklida dan kemurnian radiokimia yang tinggi serta aktivitas jenis yang memadai sesuai aplikasinya dan mudah untuk diproduksi [3]. Dua jenis radioisotop skandium yaitu skandium-47 ( $^{47}\text{Sc}$ ) dan skandium-46 ( $^{46}\text{Sc}$ ) telah digunakan dalam penelitian biologi dan medis. Radioisotop skandium-47 mempunyai waktu paruh singkat yaitu 3,34 hari, pemancar beta ( $E_{\beta} = 0,44 \text{ MeV}$ ) dan gamma ( $E_{\gamma} = 159 \text{ keV}$ ) cocok untuk radiodiagnosa dan radioterapi [4]. Sedangkan radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  mempunyai waktu paruh 83,8 hari, pemancar beta ( $E_{\beta} = 0,35 \text{ MeV}$ ) dan gamma ( $E_{\gamma} = 889, 1120 \text{ keV}$ ), sangat ideal untuk mempelajari aspek kimia, stabilitas, dan biodistribusi dari kompleks scandium untuk studi klinis [5,6]. Ketersediaan  $^{47}\text{Sc}$  yang dihasilkan melalui reaksi inti  $^{47}\text{Ti}(n,p)^{47}\text{Sc}$  saat ini masih sangat terbatas produksinya, dikarenakan harus menggunakan sasaran  $^{47}\text{Ti}$  yang diperkaya (non ekonomis) dan cara pembuatannya yang belum dikuasai. Oleh karena itu para peneliti yang mengembangkan radiofarmaka bertanda  $^{47}\text{Sc}$ , maka untuk studi pendahuluan digunakan radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  yang secara kimiawi adalah identik dengan  $^{47}\text{Sc}$  [7]. Hasil studi dengan  $^{46}\text{Sc}$  diharapkan menghasilkan kelayakan untuk penelitian menggunakan  $^{47}\text{Sc}$ . Selain untuk studi pendahuluan tersebut, radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  telah banyak digunakan dalam penelitian secara biologis, seperti karakteristik penyerapan yang tinggi oleh organ paratiroid sehingga disarankan penggunaan radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  untuk terapi tumor dan studi diagnostic [8,9]. Berdasarkan hal tersebut, pada makalah ini akan dilaporkan karakteristik radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  hasil iradiasi bahan sasaran skandium oksida alam.

## 2. TATA KERJA

### 1. Alat dan bahan kimia

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari neraca analitik Mettler Toledo AL 204, Reaktor RSG-GA Siwabessy Batan Serpong (iradiasi sasaran), *hot cell*, kontiner, pemotong kuarsa, pemanas (*Thermolyne*) merek Nuova II, *vortex mixer* Hwashin Technology Company 250 VM, *dose calibrator* CRC-55tR, pencacah spektrometer- $\gamma$  saluran ganda (MCA) dengan detektor HPGe Canberra DSA-1000, pencacah- $\gamma$  saluran tunggal (SCA) ORTEC model 402 A, *Chamber* kromatografi kertas, oven Heraeus T.5050, *inner capsule* dan *outer casule* yang terbuat dari bahan alumunium (*nuclear grade*), gelas kuarsa, gelas kimia, gelas ukur, pipet ukur, pipet tetes, pengaduk magnetik, vial gelas, pipet mikro (*Thermo Scientific*), jarum suntik (*terumo syringe*), pinset, gunting, tabung reaksi, dan sarung tangan (*Sensi Gloves*).

Sedangkan bahan kimia yang digunakan adalah skandium oksida ( $^{45}\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) buatan Sigma Aldrich, asam klorida, DTPA (Dietilen Triamin Penta Asetat), ammonium asetat, metanol, ammonia *solution*, natrium hidroksida, semua buatan E.Merck dengan kemurnian tingkat analitis, akuabides steril dan NaCl 0,9% bebas pirogen buatan IPHA *Laboratories*, kertas timbang, kertas Whatman (3MM, 31ET, Whatman1), ITLC-SG (*Instant Thin Layer Chromatography*), kertas indikator pH universal.

### 2. Iradiasi bahan sasaran skandium oksida alam ( $^{45}\text{Sc}_2\text{O}_3$ ).

Sebanyak  $\pm 60 \text{ mg}$  ( $n = 2$ ) bahan sasaran skandium oksida alam ( $^{45}\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) dimasukkan ke dalam gelas kuarsa lalu ditutup dengan cara pengelasan. Gelas kuarsa ditempatkan dalam *inner capsule* yang terbuat dari bahan alumunium (*nuclear grade*), lalu ditutup dengan cara pengelasan. Selanjutnya dilakukan uji kebocoran dengan metode gelembung dalam media air. Setelah lolos uji kebocoran, selanjutnya *inner capsule* dimasukkan ke dalam *outer capsule* untuk diiradiasi selama  $\pm 5$  hari di dalam reaktor RSG-GA Siwabessy BATAN Serpong pada posisi iradiasi CIP (*Centre Irradiation Position*) dengan fluks neutron  $1,8 \times 10^{14} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , selama 95 jam.

### 3. Pembuatan sediaan radioisotop $^{46}\text{ScCl}_3$ .

Bahan sasaran hasil iradiasi dikeluarkan dari dalam kontiner alumunium, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia berukuran 100 mL dan

dilarutkan dengan 10 mL larutan HCl 3N. Proses pelarutan dilakukan di atas alat pemanas dan pengaduk magnetik sampai diperoleh larutan jernih. Kemudian larutan dikisatkan perlahan-lahan sampai hampir kering. Selanjutnya dilarutkan kembali dengan 20 mL HCl 0,1N. Setelah itu, larutan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  yang dihasilkan dipindahkan ke dalam vial gelas dan ditutup dengan karet. Seluruh pekerjaan dilakukan dalam *hot cell*. Kemudian diukur aktivitas radioaktifnya menggunakan *dose calibrator* lalu diberi etiket bertuliskan aktivitas (mCi), volume (mL), tanggal/bulan/tahun dan jam dan disimpan dalam boks dispensing.

#### 4. Uji kualitas sediaan radioisotop $^{46}\text{ScCl}_3$

##### 4.1. Penentuan kejernihan radioisotop $^{46}\text{ScCl}_3$

Kejernihan sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  dilakukan secara visual untuk melihat keberadaan partikel di dalam sediaan radioisotop tersebut. Sebanyak 1 mL sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  dipipet dan dimasukkan ke dalam vial gelas berukuran 10 mL. Larutan diamati di depan lampu yang terang dengan latar belakang hitam.

##### 4.2. Penentuan aktivitas radioisotop $^{46}\text{ScCl}_3$

Sebanyak 1 mL sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  dimasukkan ke dalam vial gelas berukuran 10 mL, kemudian vial ditutup dengan karet dan diukur dengan menggunakan alat *dose calibrator*. Selanjutnya dihitung konsentrasi radioaktif (mCi/mL) yaitu aktivitas radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  per volume larutan  $^{46}\text{ScCl}_3$ , dan aktivitas jenis (mCi/mg) yaitu aktivitas radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  per berat isotop  $^{46}\text{Sc}$  dalam bahan sasaran  $^{46}\text{Sc}_2\text{O}_3$ .

##### 4.3. Penentuan pH radioisotop $^{46}\text{ScCl}_3$

Penentuan pH sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  dilakukan menggunakan kertas indikator pH universal. Sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  diteteskan pada kertas indikator pH, kemudian tingkat keasaman ditentukan dengan membandingkan perubahan warna yang terjadi pada kertas pH dengan warna yang tertera pada kotak indikator pH.

##### 4.4. Penentuan kemurnian radionuklida $^{46}\text{ScCl}_3$

Sebanyak 5  $\mu\text{L}$  sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  diteteskan pada kertas saring, lalu dikeringkan dan dimasukkan ke dalam pembungkus plastik, kemudian dicacah menggunakan alat spektrometer- $\gamma$  saluran ganda (MCA) dengan detektor HPGe selama 60 menit. Karakteristik spektrum sinar- $\gamma$  dari  $^{46}\text{Sc}$  pada puncak energi 889 keV dan 1120 keV. Cara perhitungan :

$$\text{KRN} = \frac{\text{Aktivitas Radionuklida } ^{46}_{21}\text{Sc}}{\text{Aktivitas Total}} \times 100\%$$
$$\text{KRN} = \frac{21,3260 \mu\text{Ci}}{21,4048 \mu\text{Ci}} \times 100\% = 99,63\%$$

##### 4.5. Penentuan kemurnian radiokimia $^{46}\text{ScCl}_3$

Kemurnian radiokimia sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  ditentukan dengan metode kromatografi kertas. Sistem kromatografi yang digunakan adalah kertas Whatman (3MM, 31ET, Whatman 1) dan ITLC sebagai fase diam dan larutan DTPA 10 mM, campuran ammonium asetat 10% dengan metanol (1:1) pH 5 (7), serta campuran  $\text{NH}_3$  dengan  $\text{H}_2\text{O}$  (1:25) sebagai fase gerak [2].

Penentuan kemurnian radiokimia dilakukan dengan menotolkan cuplikan larutan  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada jarak 2 cm di bagian bawah kertas Whatman dan ITLC, kemudian kertas dimasukkan ke dalam bejana yang telah jenuh oleh eluen. Elusi dilakukan sampai jarak migrasi fase gerak mencapai 16 cm. Kemudian kertas dikeringkan, dipotong-potong setiap 1 cm dan dicacah dengan alat pencacah- $\gamma$  saluran tunggal (SCA).

Kemurnian radiokimia sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  merupakan persentase distribusi radioaktivitas senyawa dalam bentuk  $^{46}\text{ScCl}_3$  terhadap radioaktivitas total (radioaktivitas senyawa dalam bentuk  $^{46}\text{ScCl}_3$  dan dalam bentuk senyawa kimia lain dari radioisotop  $^{46}\text{Sc}$ , yaitu  $^{46}\text{Sc}(\text{OH})_3$ ) yang ada di dalam sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$ .

Penentuan muatan listrik dengan metode elektroforesis dilakukan menggunakan kertas Whatman 3MM (2 cm x 38 cm) dan larutan HCl 0,01M sebagai larutan elektrolitnya, pemisahan dilakukan selama 1 jam pada tegangan 210 Volt [7]. Kertas hasil elektroforesis dikeringkan, dipotong-potong setiap 1 cm dan dicacah dengan pencacah- $\gamma$  saluran tunggal.

Muatan listrik senyawa  $^{46}\text{ScCl}_3$  dan senyawa lain sebagai pengotor radiokimia yang mungkin ada di dalam larutan radioisotop yang diperoleh diketahui berdasarkan pergerakan senyawa tersebut ke arah anoda (apabila senyawa bermuatan negatif), katoda (apabila senyawa bermuatan positif) atau tetap berada pada titik nol (apabila senyawa tidak bermuatan).

##### 4.6. Penentuan kestabilan radioisotop $^{46}\text{ScCl}_3$

Kestabilan sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  diamati baik secara fisika maupun kimia melalui penentuan kemurnian radiokimia, pH, dan kejernihan sediaan radioisotop tersebut setiap hari selama lebih satu bulan penyimpanan pada temperatur kamar. Kemurnian radiokimia ditentukan seperti diuraikan pada sub bab 4.5.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kejernihan larutan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  diamati di depan lampu yang terang dengan latar belakang hitam (gelap). Setelah melakukan pengamatan secara visual, tidak terlihat keberadaan partikel di dalam sediaan radioisotop tersebut. Karakteristik produk akhir radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  berupa larutan jernih dalam bentuk senyawa kimia  $^{46}\text{ScCl}_3$ .

Penentuan aktivitas radioisotop dilakukan dengan cara pengukuran konsentrasi radioaktif  $^{46}\text{ScCl}_3$  dan aktivitas jenis  $^{46}\text{Sc}$ , data hasil pengukuran dirangkum dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil analisis konsentrasi radioaktif dan aktivitas jenis radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  (EOI).**

Aktivitas radioisotop $^{46}\text{ScCl}_3$				
1	2	3	4	5
832,16	762,04	38,10	18,40	91,57
832,16	758,12	37,90	18,30	91,10
832,16	760,08	38,00	18,35	91,33

Keterangan :

Kolom 1 = Teoritis (mCi)

Kolom 2 = Percobaan (mCi/20 mL)

Kolom 3 = Konsentrasi radioaktif (mCi/mL)

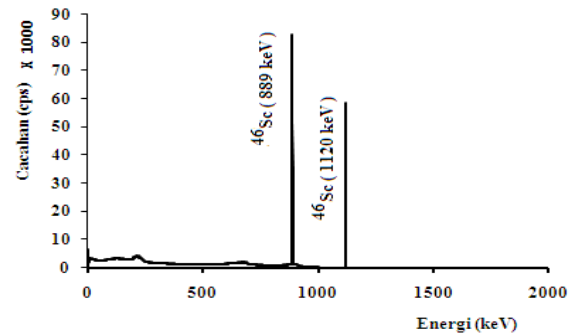
Kolom 4 = Aktivitas jenis (mCi/mg Sc)

Kolom 5 = Rendemen (%)

Tabel 1 menunjukkan konsentrasi radioaktif  $^{46}\text{ScCl}_3$  rata-rata hasil percobaan sebesar 38,00 mCi/mL dan aktivitas jenis sebesar 18,35 mCi/mg  $^{46}\text{Sc}$  serta rendemen sebesar 91,33 % pada saat *End of Irradiation* (EOI).

Penentuan pH sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  dilakukan menggunakan kertas indikator pH universal. Setelah membandingkan perubahan warna yang terjadi pada kertas pH dengan warna yang tertera pada kotak indikator pH didapatkan bahwa larutan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  berada pada lingkungan pH 2.

Kemurnian radionuklida  $^{46}\text{ScCl}_3$  ditentukan menggunakan spektroskopi sinar gamma ( $\gamma$ ) yaitu alat *Multy Channel Analyzer* (MCA) dan mempunyai pola spektrum sinar gamma ( $\gamma$ ) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Spektrum sinar gamma ( $\gamma$ ) sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$**

Gambar 1 menunjukkan karakteristik spektrum sinar- $\gamma$  dari  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada puncak energi 889 keV dan 1120 keV yang berarti bahwa proses pembuatan  $^{46}\text{ScCl}_3$  yang dilakukan dapat menghasilkan produk  $^{46}\text{Sc}$ . Hasil ini sesuai dengan keterangan yang dijelaskan oleh Ananthkrishnan (10), bahwa radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  mempunyai waktu paruh 83,8 hari, pemancar beta ( $E\beta = 0,35$  MeV) dan gamma ( $E\gamma = 889, 1120$  keV).

Data hasil analisis spektrum sinar gamma radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  dirangkum dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil analisis spektrum sinar gamma radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  menggunakan MCA**

Energi (keV)	Luas puncak (cps)	Aktivitas ( $\mu\text{Ci}$ )	Radio Nuklida*
73,13	1040	0,0063	$^{187}\text{W}$
75,14	2110	0,0070	$^{161}\text{Tb}$
85,03	2470	0,0058	$^{170}\text{Tm}$
87,48	685	0,0044	$^{77}\text{As}$
224,31	77	0,0008	$^{228}\text{Ac}$
596,78	214	0,0015	$^{71\text{m}}\text{Zn}$
889,37	1090000	10,5884	$^{46}\text{Sc}$
1120,57	878000	10,7376	$^{46}\text{Sc}$
1363,48	88	0,0530	$^{152}\text{Eu}$
Total		21,4048	

\*)

1. Applied Gamma-Ray Spectrometry by F.Adams and R.Dams.
2. The Ko-Consistent IRI Gamma-ray Catalogue for INNA by Menno Blaauw.

Tabel 2 menunjukkan selain radionuklida  $^{46}\text{Sc}$  terdapat radionuklida seperti  $^{187}\text{W}$  ( $t_{1/2} = 24$  jam),  $^{161}\text{Tb}$  ( $t_{1/2} = 7,2$  hari),  $^{170}\text{Tm}$  ( $t_{1/2} = 129$  hari),  $^{77}\text{As}$  ( $t_{1/2} = 38,7$  jam),  $^{228}\text{Ac}$  ( $t_{1/2} = 6,1$  jam),  $^{71\text{m}}\text{Zn}$  ( $t_{1/2} = 3,9$  jam) dan  $^{152}\text{Eu}$  ( $t_{1/2} = 13,3$  tahun) yang masing-masing dapat diabaikan karena radioaktivitasnya relatif lebih kecil 0,4% dari aktivitas total radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$ . Penentuan kemurnian radionuklida (KRN) radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  dengan menggunakan MCA menghasilkan kemurnian radionuklida sebesar 99,63%.

Kemurnian radionuklida ini ternyata

memenuhi syarat jika digunakan secara *in-vivo* untuk terapi di bidang kedokteran nuklir, yaitu di atas 99% [10].

Kemurnian radiokimia sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  ditentukan dengan metode kromatografi kertas dengan mengontrol fase diam yang dibandingkan terhadap variabel beberapa fase gerak. Variasi sistem kromatografi kertas yang dilakukan pada penelitian ini dirangkum pada Tabel 3.

**Tabel 3. Variasi sistem kromatografi kertas**

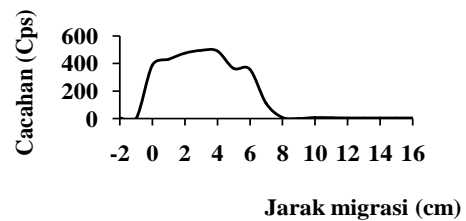
No	Sistem Kromatografi Kertas		Rf (KRK *)	Waktu Elusi (Min)	Ket.
	Fase Diam	Fase Gerak	$^{46}\text{ScCl}_3$		
1.	31ET	Am. asetat 10% : Metanol 1:1, pH 5	<i>tailing</i>	89	Tidak dapat digunakan
	3MM	Am. asetat 10% : Metanol 1:1, pH 5	<i>tailing</i>	265	Tidak dapat digunakan
	Wht. I	Am. asetat 10% : Metanol 1:1, pH 5	<i>tailing</i>	275	Tidak dapat digunakan
2.	31ET	DTPA 10 mM	0,8-0,9 (79 %)	30	Tidak dapat digunakan
	3MM	DTPA 10 mM	0,8-0,9 (98 %)	60	Dapat digunakan
	Wht. I	DTPA 10 mM	0,8-0,9 (95 %)	83	Dapat digunakan
	ITLC-SG	DTPA 10 mM	0,8-0,9 (96 %)	20	Dapat digunakan
3.	31ET	$\text{NH}_3$ solution : $\text{H}_2\text{O}$ 1:25	<i>tailing</i>	38	Tidak dapat digunakan
	3MM	$\text{NH}_3$ solution : $\text{H}_2\text{O}$ 1:25	<i>tailing</i>	65	Tidak dapat digunakan
	Wht.I	$\text{NH}_3$ solution : $\text{H}_2\text{O}$ 1:25	<i>tailing</i>	71	Tidak dapat digunakan
	ITLC-SG	$\text{NH}_3$ solution : $\text{H}_2\text{O}$ 1:25	0 (96 %)	18	Dapat digunakan

\*) KRK = Kemurnian radiokimia (%)

Tabel 3 menunjukkan sistem kromatografi yang digunakan adalah kertas kromatografi Whatman 3MM, 31ET, Whatman 1 dan ITLC-SG sebagai fase diam dan larutan DTPA 10 mM, campuran ammonium asetat 10% dengan metanol (1:1) pH 5, serta campuran  $\text{NH}_3$  solution dengan

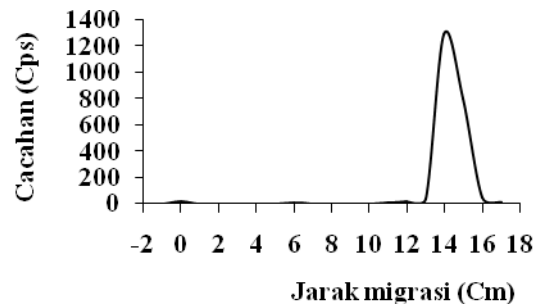
$\text{H}_2\text{O}$  (1:25) sebagai fase gerak. Variasi fase diam dan fase gerak ini dilakukan untuk mencari sistem kromatografi yang paling baik. Kemudian kondisi optimum ini dijadikan variabel tetap pada pengujian kestabilan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$ .

Pada campuran ammonium asetat 10 % dengan metanol (1:1) pH 5, menggunakan kertas kromatografi Whatman 31ET, MM dan Whatman 1 menghasilkan kromatogram yang kurang baik (*tailing*) dan waktu elusi yang cukup lama yaitu masing-masing 89, 265 dan 275 menit, sehingga sistem ini tidak dapat digunakan. Contoh kromatogram dengan sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Kromatogram  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada eluen ammonium asetat 10% dengan metanol (1:1) pH 5**

Pada eluen DTPA 10 mM menggunakan kertas kromatografi 3MM, Whatman I dan ITLC-SG menghasilkan kromatogram tidak *tailing* dengan Rf 0,8-0,9 dan waktu elusi masing-masing selama 60, 83 dan 20 menit. Contoh kromatogram dengan sistem ini ditunjukkan pada Gambar 3.

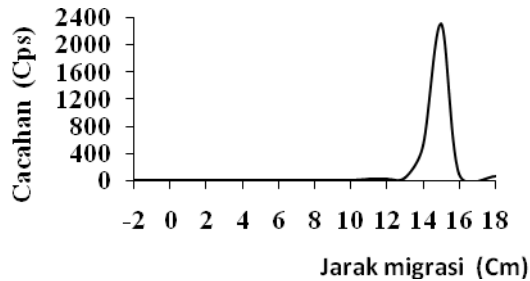


**Gambar 3. Kromatogram  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada eluen DTPA 10 mM dengan kertas kromatografi Whatman 3MM**

Pola kromatogram Gambar 3 menunjukkan bahwa  $^{46}\text{ScCl}_3$  mempunyai puncak radioaktivitas tunggal pada harga Rf = 0,8–0,9 dan mempunyai kemurnian radiokimia  $98,30 \pm 0,35\%$ .

Pada sistem kromatografi dengan menggunakan ITLC-SG membutuhkan waktu elusi yang paling cepat dibandingkan dengan menggunakan kertas kromatografi Whatman

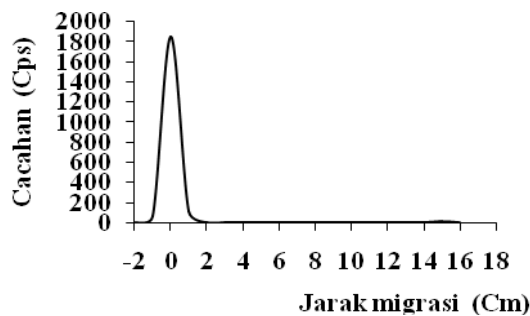
lainnya dan menghasilkan kromatogram yang baik pada eluen DTPA 10 mM dengan  $R_f = 0,8-0,9$ . Kromatogram dari radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada sistem kromatografi ini seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



**Gambar 4. Kromatogram  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada eluen DTPA 10 mM dengan ITLC-SG**

Pola kromatogram Gambar 4 menunjukkan bahwa  $^{46}\text{ScCl}_3$  mempunyai puncak radioaktivitas tunggal pada harga  $R_f = 0,8-0,9$  dan mempunyai kemurnian radiokimia  $96,93 \pm 0,10\%$ . Hasil ini sebanding dengan penelitian yang dilaporkan oleh Moghaddam-Banaem dkk. [7] tentang preparasi dan kontrol kualitas dari skandium-46 bleomycin.

Selain dengan eluen DTPA 10 mM, pemisahan menggunakan ITLC-SG pada eluen campuran  $\text{NH}_3$  solution dengan  $\text{H}_2\text{O}$  (1:25) menghasilkan kromatogram yang sama seperti pada kertas 3MM. Kromatogram dari radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada sistem kromatografi ini seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.



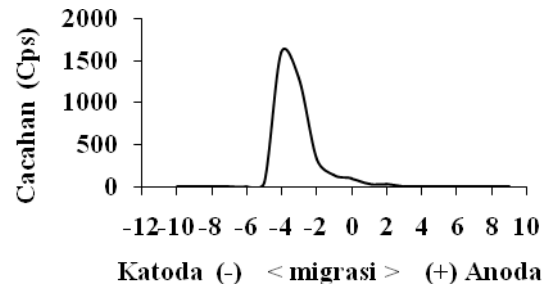
**Gambar 5. Kromatogram  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada eluen  $\text{NH}_3$  solution dengan  $\text{H}_2\text{O}$  (1:25) dengan ITLC-SG**

Pola kromatogram Gambar 5 menunjukkan bahwa  $^{46}\text{ScCl}_3$  mempunyai puncak radioaktivitas tunggal pada harga  $R_f = 0$  dan mempunyai kemurnian radiokimia  $95,87 \pm 0,85\%$ .

Pemilihan sistem kromatografi yang dapat digunakan adalah menggunakan kertas kromatografi Whatman 3MM, Whatman I dan ITLC-SG sebagai fase diam, serta larutan DTPA

10 mM sebagai fase gerak. Pemisahan dengan sistem ini menunjukkan (Tabel 3) harga  $R_f$  0,8-0,9, waktu elusi masing- masing 60, 83 dan 20 menit, serta kemurnian radiokimia yaitu masing-masing  $98,30 \pm 0,35\%$ ,  $95,66 \pm 2,86 \%$  dan  $96,93 \pm 0,10\%$ . Dapat juga dipilih sistem kromatografi menggunakan ITLC-SG dengan eluen larutan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (1:25), waktu elusi 18 menit dan kemurnian radiokimia sebesar  $96,33 \pm 1,24 \%$ . Kemurnian radiokimia sebagai syarat jika digunakan secara *in-vivo* untuk terapi di bidang kedokteran nuklir, yaitu di atas 95% [10].

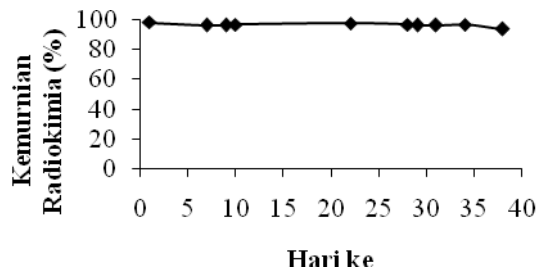
Penentuan muatan listrik  $^{46}\text{ScCl}_3$  ditentukan dengan metode elektroforesis kertas. Hasil analisis elektroforesis kertas sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  menggunakan kertas kromatografi Whatman 3MM sebagai pelat pendukung dan larutan  $\text{HCl}$  0,01M sebagai larutan elektrolit, hasil elektrogram diperlihatkan pada Gambar 6.



**Gambar 6. Hasil elektroforesis kertas  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada tegangan 210 Volt selama 1 jam dengan larutan  $\text{HCl}$  0,01M**

Gambar 6 menunjukkan bahwa pergerakan senyawa tersebut menuju ke arah katoda (-), hal ini disebabkan oleh adanya unsur muatan positif ( $\text{Sc}^{3+}$ ) hasil ionisasi senyawa  $^{46}\text{ScCl}_3$  dalam  $\text{HCl}$  0,01M. Disimpulkan bahwa radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  yang dihasilkan mempunyai sifat yang stabil dalam bentuk  $^{46}\text{ScCl}_3$ .

Sediaan radioisotop yang akan digunakan dalam pembuatan suatu radiofarmaka harus memiliki kestabilan yang cukup tinggi, baik secara fisika maupun kimia. Kestabilan sediaan radioisotop  $^{46}\text{ScCl}_3$  selama  $\pm 1$  bulan penyimpanan pada temperatur kamar menunjukkan bahwa larutan  $^{46}\text{ScCl}_3$  tetap jernih dan berada pada lingkungan pH 5. Sedangkan untuk kestabilan kemurnian radiokimianya dilakukan dengan metode kromatografi kertas yang diperlihatkan pada Gambar 7.



**Gambar 7. Kestabilan kemurnian radiokimia  $^{46}\text{ScCl}_3$  pada eluen DTPA 10 mM**

Gambar 7 menunjukkan hasil uji kestabilan sediaan  $^{46}\text{ScCl}_3$  stabil selama 38 hari dan dapat mempertahankan kemurnian radiokimia sebesar  $96,54 \pm 1,14\%$  pada suhu kamar.

#### 4. KESIMPULAN

Radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  dibuat dengan cara iradiasi bahan sasaran skandium oksida alam ( $^{45}\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) di RSG-GA Siwabessy dengan fluks neutron sekitar  $1,8 \times 10^{14} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$  selama 95 jam. Karakteristik sediaan radioisotop  $^{46}\text{Sc}$  dalam bentuk kimia  $^{46}\text{ScCl}_3$  berupa larutan jernih, memiliki konsentrasi radioaktif pada saat *End of Irradiation* (EOI) sebesar 38,00 mCi/mL dan aktivitas jenis sebesar 18,35 mCi/mg  $^{45}\text{Sc}$ , pH 2, kemurnian radionuklida sebesar 99,63%, kemurnian radiokimia sebesar  $98,30 \pm 0,35\%$ , dan stabil selama 38 hari dengan mempertahankan kemurnian radiokimia sebesar  $96,54 \pm 1,14\%$  pada temperatur kamar.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan PTRR dan PRSG-BATAN yang telah membantu persiapan dan iradiasi target.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

1. VENKATESH M, CHAKRABORTY S. Production of therapeutic radionuclides in medium flux research reactors, Trends in radiopharmaceuticals (Proceedings of International Symposium, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005), IAEA, Vienna (2005) 285.
2. MAJKOWSKA-PILIP A, BILEWICZ A. Macrocyclic complexes of scandium radionuclides as precursors for diagnostic and therapeutic radiopharmaceuticals. Journal of Inorganic Biochemistry 105(2010) 313–320.

3. SETIAWAN D, FEBRIAN MB. Pembuatan radionuklida praseodymium-142 untuk aplikasi terapi (Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir, Bandung, 22 Juni 2011), Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Bandung (2011) 260.
4. NEVES M, KLING A, OLIVEIRA A. Radionuclides used for therapy and suggestion for new candidates. J.Radioanal.Chem. 266(2005)377-384.
5. MAJKOWSKA A, NEVES M, ANTUNES I, BELEWICZ A. Complex of low energy beta emitters  $^{47}\text{Sc}$  and  $^{177}\text{Lu}$  with zoledronic acid for bone pain therapy. J.Appl.Radiat.Isot. 67(2009)11-13.
6. MARIA N, FATIMA CT, INES A, AGNIESZKA M, LURDES G, ANA CS. Chemical and biological evaluation of  $^{153}\text{Sm}$  and  $^{46/47}\text{Sc}$  complexes of indazolebisphosphonates for targeted radiotherapy. J.Appl.Radiat.Isot 69(2011) 80-84.
7. MOGHADDAM-BANAEM L, JALILIAN AR, POURJAVID M, BAHRAMI-SAMANI A, MAZIDI M, GHANNADI-MARAGHEH M. Preparation and quality control of scandium-46 bleomycin as a possible therapeutic agent. Iran J Nucl Med. 20(1)(2012)19-24.
8. BAHRAMI-SAMANI A, GHANNADI-MARAGHEH M, JALILIAN AR, MAZIDI M. Biological studies of samarium-153 bleomycin complex in human breast cancer murine xenografts for therapeutic applications. Radiochim Acta 98(2010) 237-42.
9. CANN CE, PRUSSIN SG. Possible parathyroid imaging using  $^{67}\text{Ga}$  and other aluminum analogs. J Nucl Med 21(5)(1980) 471-4.
10. ANANTHAKRISHNAN M. Manual for Reactor Produced Radioisotope (IAEA-TECDOC-1340) Vienna, (2003).