

PEMISAHAN DAN KARAKTERISASI SPESI SENYAWA KOMPLEKS YTRIUM-90 DAN STRONSIUM-90 DENGAN ELEKTROFORESIS KERTAS

SULAIMAN^{*)}, ADANG HARDI G^{*)} NOOR ANIS KUNDARI^{**)}

**)Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15310, Banten
Telepon/Faksimili 021-7563141*

***)Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB Yogyakarta 55281
Telepon 0274-484085, 489716, Faksimili 0274-489715*

Abstrak

PEMISAHAN DAN KARAKTERISASI SPESI SENYAWA KOMPLEKS YTRIUM-90 DAN STRONSIUM-90 DENGAN ELEKTROFORESIS KERTAS. Telah dilakukan penelitian untuk memperoleh karakterisasi spesi senyawa kompleks ⁹⁰Y dan ⁹⁰Sr dengan metode elektroforesis kertas. Penelitian ini dilakukan dengan membuat variasi penyangga, konsentrasi HCl, tegangan operasi elektroforesis, waktu elektroforesis dan media migrasi elektroforesis. Dari beberapa kali percobaan diperoleh kesimpulan bahwa larutan penyangga yang sesuai adalah penyangga tartrat dan penyangga sitrat. Kedua penyangga ini dapat membentuk senyawa kompleks dengan ⁹⁰Y yang ditandai terjadinya migrasi ke anoda. Sebaliknya, pada ⁹⁰Sr tidak terbentuk senyawa kompleks dan terjadi migrasi ke katoda. Konsentrasi optimum, diperoleh pada HCl 2 M dengan penyangga tartrat dan pada konsentrasi HCl 8 M dengan penyangga sitrat. Selain sebagai pelarut kedua logam, HCl juga merupakan ligan pengompleks. Tegangan operasi elektroforesis yang optimum diperoleh pada 200 Volt untuk kedua larutan penyangga, waktu operasi elektroforesis optimum selama 2,5 jam dengan penyangga tartrat dan 2 jam dengan penyangga sitrat. Sebagai alternatif, media migrasi bisa diganti pelat silika gel untuk kedua larutan penyangga.

Kata kunci: Karakterisasi ⁹⁰Y dan ⁹⁰Sr, elektroforesis kertas

Abstract

SEPARATION AND SPECIES CHARACTERIZATION OF COMPLEX COMPOUND OF YTRIUM-90 AND STRONSIUM-90 BY PAPER ELECTROPHORESIS. The research for species characterization of ⁹⁰Y and ⁹⁰Sr complex compound have been conducted using variation of buffer, concentration of HCl, electrophoresis operation voltage, time of electrophoresis, and electrophoresis migration media. From many trials, the conclusions are the applicable buffer are tartrate buffer and citrate buffer. These buffers can make a complex compound of ⁹⁰Y and there is migration to the anode. But, ⁹⁰Sr can't make any complex compound and migration to the cathode. The optimum concentration of hydrochloride acid is 8 M with tartrate buffer but for citrate buffer, the concentration HCl is 2 M. The hydrochloric acid is used to dissolved the both elements as the mentioned above, but also for making complex ligand. The optimum electrophoresis operation voltage is 200 Volt for the both buffer solution and the duration of electrophoresis operation is 2.5 hours with using tartrate buffer but for citrate buffer the duration is 2 hours. The media of migration which can be used for replacing paper is silica.

Keywords: Characterization of ⁹⁰Y and ⁹⁰Sr, Electrophoresis

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) dalam bidang kedokteran nuklir sangat didukung oleh perkembangan iptek di bidang radiofarmaka. Dengan berkembangnya iptek radiofarmaka telah berhasil dilakukan diagnosis dini dan terapi terhadap pengidap penyakit kanker menggunakan radionuklida yang sesuai. Penyakit kanker sangat menghantui masyarakat dunia karena banyak menyebabkan kematian. Kedokteran nuklir telah menerapkan cara deteksi dini berbagai macam kanker dan cara terapi yang efektif dengan memanfaatkan radiasi dari radioisotop yang diberikan ke dalam tubuh atau sel kanker yang bersangkutan.

Radionuklida yang cocok untuk keperluan terapi harus memenuhi ketentuan^[1]:

1. Mengandung satu nuklida, untuk memudahkan pengawasan radiasi
2. Radionuklida tersebut memancarkan radiasi dengan nilai linier energi transfer yang besar, sehingga sebagian besar energi dialihkan pada daerah jaringan yang kecil.
3. Harus murni secara radiokimia, karena bentuk radiokimia yang berbeda akan mengalami metabolisme yang berbeda dan terakumulasi pada organ yang berbeda.

Radioisotop yang dapat digunakan untuk terapi kanker di antaranya adalah Yttrium-90 (^{90}Y) yang merupakan radioisotop pemancar sinar β dengan energi 2,28 MeV dan waktu paro ($T_{1/2}$) 64,1 jam. Itrium-90 yang digunakan untuk terapi dapat diperoleh dari hasil peluruhan stronsium-90 (^{90}Sr) dan dipisahkan dari induknya ^{90}Sr (campuran ^{90}Sr - ^{90}Y) yang merupakan radionuklida dari hasil belah 235U. Metode pemisahan yang telah dikembangkan saat ini adalah metode ekstraksi pelarut dan kromatografi kolom dengan menggunakan penukar ion.

Pemisahan $^{90}\text{Sr}^{2+}$ dan $^{90}\text{Y}^{3+}$ dengan ion logam lain telah dilakukan oleh Nur^[2] menggunakan resin penukar ion, namun hasilnya masih dalam bentuk campuran Sr^{2+} dan Y^{3+} .

Menurut Saito^[3], untuk mendapatkan pemisahan yang baik $^{90}\text{Y}^{3+}$ harus dikondisikan agar membentuk senyawa kompleks anion. Perbedaan muatan antara ^{90}Y dengan ^{90}Sr menjadi dasar pemisahan dengan menggunakan resin penukar kation. Ion Sr^{2+} akan terikat pada resin penukar kation dan kompleks anion itrium seperti $[\text{YCl}_6]^{3-}$ terelusi keluar kolom secara keseluruhan.

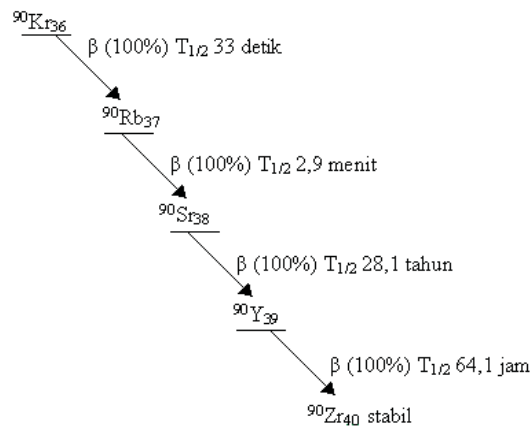
Pengembangan generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ untuk produksi ^{90}Y secara lokal telah dilakukan dan dikembangkan di India berdasarkan pada teknik pemisahan menggunakan membran sel, dan teknik yang dikembangkan ini berhasil memisahkan sampai 70 mCi ^{90}Y dari 100 mCi ^{90}Sr yang digunakan sedangkan dengan metode ekstraksi pelarut hasil yang tertinggi diperoleh 75% ^{90}Y ^[4].

Menurut Talmage^[5], sistem generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ harus dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dioperasikan oleh tenaga medis yang bekerja di rumah

sakit. Karena sifat ^{90}Sr memiliki energi β^- tinggi yang dapat merusak sumsum tulang dan juga bersifat karsinogenik, maka preparat ^{90}Y yang dihasilkan harus benar-benar bebas dari cemaran ^{90}Sr .^[6] Menurut Pilai,^[4] pengotor ^{90}Sr dalam sediaan ^{90}Y untuk penggunaan pada manusia adalah $< 2 \mu\text{Ci}$.

Stronsium (Sr) adalah logam alkali tanah golongan II-A dengan nomor atom 38 dan berat atom Sr stabil 87,62. Sifat kimia Sr mirip dengan logam alkali tanah yang lain terutama Ca dan Ba, pada suhu kamar berwujud padat berwarna putih perak dengan titik lebur 771°C dan titik didih 1360°C , mempunyai isotop dengan nomor massa 81,8 sampai 97.^[7]

Isotop ^{90}Sr merupakan pemancar β^- murni dengan energi maksimum sebesar 0,544 MeV bervalensi +2 ($^{90}\text{Sr}^{2+}$). Stronsium-90 merupakan salah satu radionuklida hasil belah ^{235}U dan mempunyai waktu paro 28,1 tahun. Stronsium-90 memiliki radiotoksitas yang tinggi dan bersifat retensi dalam tubuh^[7].



Gambar 1. Peluruhan Radioisotop yang Menghasilkan ^{90}Y

Yttrium-90 terbentuk dari hasil peluruhan ^{90}Sr dengan waktu paro 64,1 jam, merupakan radioisotop pemancar β^- dengan energi sebesar 2,28 MeV dan daya tembus di udara 9 m (30 ft), dalam air 11 mm (0,43 in), ^{90}Y mempunyai valensi +3 ($^{90}\text{Y}^{3+}$).

Pada penelitian ini dilakukan pemisahan untuk memperoleh karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Y dan ^{90}Sr dengan metode elektroforesis kertas

Elektroforesis adalah metode pemisahan atau analisis fisika berdasarkan migrasi partikel bermuatan yang terlarut atau terdispersi dalam larutan elektrolit dengan bantuan medan listrik^[15]. Dalam hal ini terdapat fase diam yaitu kertas dan fase gerak yaitu partikel bermuatan yang terlarut di antaranya adalah ion kompleks ^{90}Y dan ^{90}Sr . Akibat diberi beda potensial, fase gerak akan berpindah sepanjang medium yang kontinu ke arah elektroda yang sesuai. Pemisahan ini

terjadi akibat ketidak homogenan atau gradasi konsentrasi sepanjang sistem pemisahan.

Menurut Khopkar^[9], pergerakan partikel dalam kertas tergantung pada muatan atau valensi zat terlarut, luas penampang, tegangan yang digunakan, konsentrasi elektrolit, kekuatan ion, pH, viskositas, dan adsorpsivitas zat terlarut. Medium migrasi ion yang berpindah pada suatu arah juga mempengaruhi mobilitas ion-ion lain yang bergerak pada arah yang berlawanan. Lintasan yang ditempuh oleh partikel bermuatan mengikuti Persamaan (1):

$$d = \frac{u_t \cdot e}{qk} = \frac{u_t \cdot v}{l} \quad (1)$$

Dengan l = panjang saluran (cm), v = konduktivitas ($\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$), e arus listrik (mA), u_t = mobilitas ion pada saat t ($\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \cdot \text{detik}^{-1}$), q = luas penampang (cm^2), dan d = lintasan yang ditempuh (cm).

Menurut Abdul Mutalib^[10], spesi senyawa kompleks itrium di antaranya adalah $[\text{YCl}_4]$, $[\text{YCl}_6]^{3-}$, $[\text{YCl}_8]^{5-}$, dan $[\text{YCl}_7\text{H}_2\text{O}]^{4-}$. Muatan senyawa ion akan mempengaruhi arah pergerakan senyawa ion itu. Semakin tinggi valensi, pergerakan akan semakin cepat, begitu juga pengaruh konsentrasi larutan elektrolit atau penyangga. Semakin lama waktu elektroforesis, kation dan anion akan semakin mendekati elektroda atau lintasan yang ditempuh semakin jauh.

Pengaruh luas penampang kertas elektroforesis adalah berbanding terbalik. Semakin kecil luas penampang, lintasan yang ditempuh semakin jauh. Hal ini disebabkan oleh kecilnya gesekan dan daya adsorpsivitas kertas elektroforesis. Jika kekuatan ion semakin tinggi, lintasan yang ditempuh semakin jauh dan lebih cepat. Hal ini akibat dari daya tarik antara ion dengan elektroda yang semakin kuat. Kenaikan suhu akan meningkatkan mobilitas ion, namun jika suhu terlalu tinggi akan terjadi penguapan elektrolit sepanjang kertas yang mengakibatkan kertas menjadi kering dan bahkan terbakar. Kekentalan yang tinggi dapat menyebabkan terbatasnya kemampuan gerak senyawa ion dan senyawa sukar membentuk ion^[11].

Pada penelitian ini dilakukan pemisahan dan karakterisasi senyawa kompleks Yttrium-90 dan Stronsium-90 dengan elektroforesis kertas. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh data karakteristik radionuklida ^{90}Sr dan ^{90}Y menggunakan metode elektroforesis kertas dengan variasi tegangan, waktu, konsentrasi HCl, jenis larutan penyangga. Sebagai pembandingan, penelitian ini juga mencoba media migrasi lain, yaitu silika dan alumina.

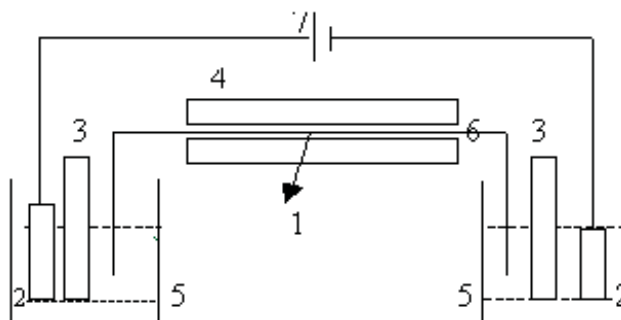
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Y_2O_3 (Strem Chemicals), SrO (Strem Chemicals), asam klorida 37% pa (E. Merck), akuades, penyangga borat 0,1M pH 5, penyangga asetat 0,1M pH 5, penyangga tartrat 0,1M pH 5, penyangga sitrat 0,1M pH 5, penyangga amoniun klorida 0,1M pH 5, penyangga glukonat 0,1M pH 5, kertas elektroforesis Advantec 51B (Whatman No. 1), TLC alumina, TLC silika dan bahan pendukung lainnya.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat Elektroforesis yang terdiri atas *power supply* (Fihser) dan chamber, pH meter (Orion, model 410A), *hair dryer*, gelas beaker, labu volume (Iwaki), gelas ukur, pipet tetes, syringe (Terumo), mikropipet 5,10,20,50,100 μ L (Eppendorf), dan alat-alat pendukung lainnya. Susunan alat tertampil pada Gambar 2. Alat untuk analisis berupa Gamma management system (GMS) DPC Gamma-C12 dengan detektor NaI(Tl), gamma ionization chamber, Atomlab 100 Plus (*Biodex Medical System*), spektrometri gamma (Tennelec) dengan detektor HPGe.



Keterangan Gambar:

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1. Cuplikan | 4. Lempeng kaca |
| 2. Elektrode | 5. Sel Elektrolit |
| 3. <i>Baffle</i> (penghalang) | 6. Kertas |
| | 7. Arus Searah |

Gambar 2. Susunan Alat Penelitian

Cara Kerja

1. Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Y

Penentuan karakteristik ^{90}Y dengan penyangga NaCl dilakukan dengan kertas elektroforesis (Whatman no. 1) dengan panjang 33 cm lebar 2 cm dan dibuat daerah : -16, -15, ..., 0, ..., 15, 16. Sampel ^{90}Y 20 μ L hasil iradiasi target Y_2O_3 yang telah disiapkan sebelumnya, ditotolkan di daerah 0 (nol) pada kertas elektroforesis, dikeringkan dengan *hair dryer*. kertas elektroforesis dipasang

dengan posisi daerah negatif berada di sisi anoda dan daerah positif berada di sisi katoda, seluruh permukaan kertas dibasahi dengan penyangga NaCl 0,001M pH 5. (lihat Gambar 1). Elektroforesis dilakukan selama 1 jam pada tegangan 200 Volt. Setelah satu jam kertas diangkat dan dikeringkan. Kertas yang telah kering dilapisi dengan isolasi transparan dan dipotong masing-masing sepanjang 1 cm. Setiap potongan 1 cm tersebut diukur cacahannya dengan alat *gamma management system* (GMS).

Penentuan karakteristik ^{90}Y tanpa HCl dilakukan dengan cara yang sama menggunakan penyangga sitrat 0,01 M pH 5. Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Y dengan variasi larutan penyangga dan konsentrasi HCl. Dilakukan dengan variasi penyangga asetat, tartrat, sitrat ammonium klorida, glukonat, dan borat dengan konsentrasi 0,1M dan pH 5 dengan variasi konsentrasi HCl 12M, 8M, dan 2M. Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Y dengan variasi tegangan listrik elektroforesis dilakukan menggunakan penyangga tartrat 0,1M pH 5 konsentrasi HCl 8M dan penyangga sitrat konsentrasi HCl 2M, selama 1 jam dengan variasi tegangan 100, 200, 300, dan 340 Volt.

Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Y dengan variasi waktu elektroforesis dilakukan dengan cara yang sama, menggunakan penyangga tartrat 0,1 M pH 5 konsentrasi HCl 8 M dan penyangga sitrat konsentrasi HCl 2 M, dilakukan selama variasi waktu (1 jam, 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam) pada tegangan 200 Volt.

2. Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Sr

Penentuan karakteristik ^{90}Sr dengan penyangga NaCl 0.001M pH 5 dilakukan selama 1 jam pada tegangan 200 Volt.

Penentuan karakteristik ^{90}Sr tanpa HCl dilakukan dengan cara melarutkan sampel ^{90}Sr menggunakan asam sitrat 0,1M, penyangga sitrat 0,01M pH 5, selama 1 jam pada tegangan 200 Volt. Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Sr dengan HCL dilakukan dengan cara yang sama, konsentrasi HCl 8M jika menggunakan penyangga sitrat dan 2M jika menggunakan penyangga tartrat.

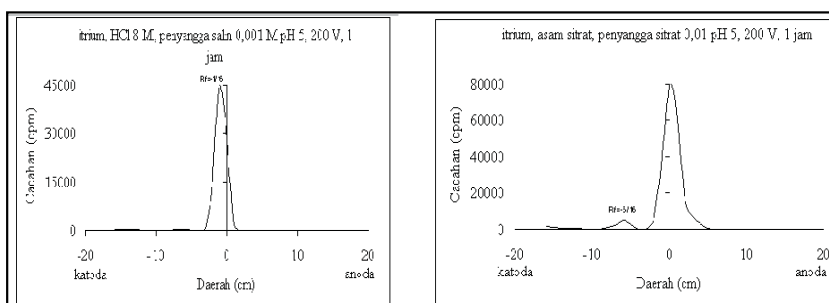
3. Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks campuran ^{90}Sr dan ^{90}Y

Penentuan karakterisasi spesi senyawa kompleks campuran ^{90}Sr dan ^{90}Y dilakukan dengan cara yang sama, konsentrasi HCl 8M jika menggunakan penyangga sitrat dan 2M jika menggunakan penyangga tartrat, tegangan 200 Volt, waktu 2 jam jika menggunakan penyangga sitrat dan 2,5 jam jika menggunakan penyangga tartrat. Cacahan tertinggi diuji dengan MCA untuk menentukan puncak ^{90}Sr dan puncak ^{90}Y . setelah percobaan dengan media kertas selesai, dilakukan percobaan yang sama dengan media migrasi TLC alumina dan TLC silika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Y dan ^{90}Sr dengan elektroforesis kertas dimulai dengan pemilihan larutan penyangga yang diperkirakan bisa digunakan. Larutan Y_2O_3 dibuat dengan melarutkan Y_2O_3 non radioaktif dalam HCl dengan normalitas yang berbeda. Larutan Y_2O_3 ditetaskan ke larutan penyangga sambil diamati terbentuk tidaknya endapan, jika terbentuk endapan penyangga tersebut tidak bisa digunakan. Dari semua larutan penyangga yang dicoba tidak ada yang membentuk endapan. Oleh karena itu, semua larutan penyangga diperkirakan bisa membentuk spesi senyawa kompleks ^{90}Y dan ^{90}Sr dengan elektroforesis kertas. Larutan penyangga yang digunakan adalah penyangga glukonat, penyangga borat, penyangga tartrat, penyangga asetat, penyangga sitrat, dan penyangga NH_4Cl . Konsentrasi larutan penyangga dibuat 0,1 M pH 5.

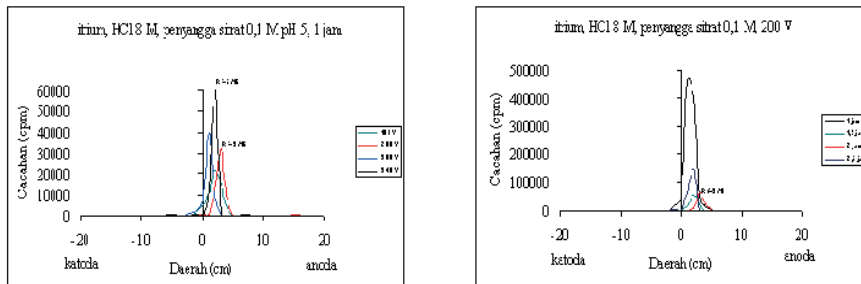
Yttrium yang digunakan berasal dari Y_2O_3 yang diiradiasi di reaktor G. A. Siwabessy – BATAN dengan reaksi $^{89}\text{Y}(n,\gamma)^{90}\text{Y}$. Yttrium hasil irradiasi dilarutkan dalam HCl dengan variasi konsentrasi (12 M, 8 M, dan 2 M). Pada konsentrasi HCl tersebut dilakukan elektroforesis menggunakan larutan penyangga-penyangga borat, asetat, tartrat, sitrat, amonium klorida, dan glukonat masing-masing 0.1 M dan pH 5. Elektroforegram hasilnya diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4. Dengan menggunakan penyangga tartrat dan penyangga sitrat diperoleh elektroforegram yang menunjukkan adanya pergeseran ^{90}Y ke anoda dan larutan penyangga yang lain tidak terlihat pergerakan yang jelas. Hal ini menandakan terjadinya spesi senyawa kompleks ^{90}Y yang bermuatan negatif, keadaan ini diperjelas oleh Gambar 3, bahwa ^{90}Y jika dielektroforesis dengan penyangga salin (NaCl) masih tetap bermuatan positif, begitu juga pada perlakuan elektroforesis dengan asam sitrat (pergeseran ke katoda).



Gambar 3. Elektroforegram dengan Penyangga Salin dan Sitrat

Pembentukan spesi senyawa kompleks ^{90}Y terjadi jika ada unsur Cl dari HCl sebagai ligan pengompleks dengan larutan penyangga. Elektroforesis menggunakan penyangga tartrat dan penyangga sitrat dilakukan dengan variasi tegangan operasi elektroforesis (100 Volt, 200 Volt, 300 Volt, dan 340 Volt) dan

variasi waktu operasi elektroforesis (1 jam, 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam) dengan konsentrasi pelarut HCl 8 M dengan penyangga sitrat dan HCl 2 M dengan penyangga tartrat. Elektroforegram menggunakan penyangga sitrat dapat dilihat pada Gambar 4. Faktor retensi (Rf) terjauh (daerah 3/16), diperoleh pada tegangan 200 Volt dalam waktu 2 jam.



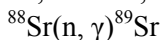
Gambar 4. Elektroforegram dengan Penyangga Sitrat dengan Variasi Tegangan (kiri) dan Waktu (kanan)

Elektroforegram menggunakan penyangga tartrat memiliki faktor retensi (Rf) terjauh (daerah 2/16), diperoleh pada tegangan 200 Volt dan waktu selama 2,5 jam.

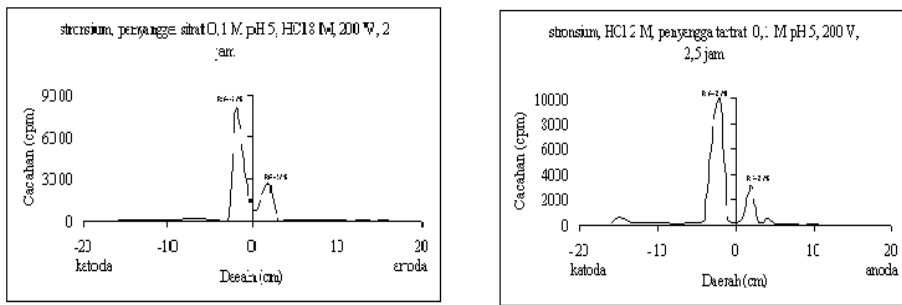
Dari kondisi operasi elektroforesis dan konsentrasi HCl yang telah diperoleh di atas digunakan untuk elektroforesis isotop Sr dan campuran $^{90}\text{Y}/\text{Sr}$. Khusus untuk campuran $^{90}\text{Y}/\text{Sr}$ selain digunakan fase diam kertas, digunakan juga TLC silika dan TLC alumina sebagai media migrasi. Untuk tujuan pembuatan generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ media migrasi kertas tidak tahan lama karena merupakan bahan organik.

Stronsium yang digunakan adalah ^{85}Sr , pemancar β - dan γ , sinar γ -nya menjadi patokan untuk uji kualitatif dengan alat Multy Chanel Analyzer (MCA) sebagai simulasi untuk ^{90}Sr . Dengan adanya sinar γ dari ^{85}Sr , uji kualitatif dari puncak yang terdapat pada elektroforegram dapat dilakukan untuk membedakan puncak ^{90}Y dan ^{85}Sr .

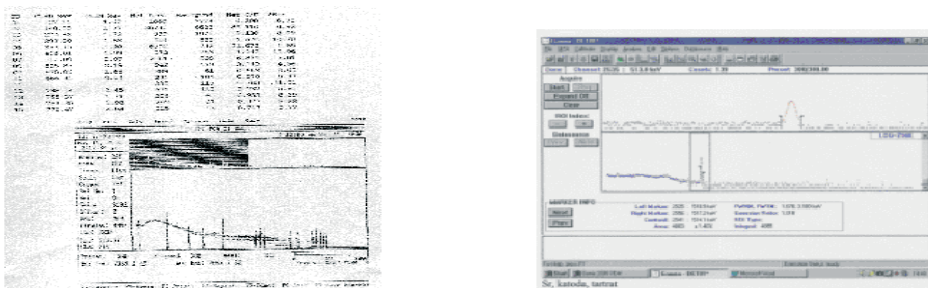
Stronsium-85 diperoleh dari senyawa target SrO yang diiradiasi di reaktor nuklir dengan reaksi $^{84}\text{Sr}(n, \gamma)^{85}\text{Sr}$. Target yang diiradiasi tidak semuanya menjadi ^{85}Sr , tetapi lebih banyak menjadi ^{89}Sr , karena kelimpahan ^{88}Sr di alam lebih banyak dari ^{84}Sr . Stronsium-89 meluruh menjadi ^{89}Y dengan memancarkan β -. Itrium-89 memiliki isomeric transition (IT) memancarkan sinar γ dengan T1/2 16,06 detik, sebelum menjadi stabil^[6] melalui reaksi:



Elektroforegram ^{85}Sr (Gambar 5) menunjukkan Sr bergerak ke arah katoda dengan larutan penyangga sitrat ($R_f = -2/16$) dan penyangga tartrat ($R_f = -1/16$).

Gambar 5. Elektroforegram ^{85}Sr

Walaupun terdapat puncak di daerah anoda, puncak ini bukan ^{85}Sr karena uji kualitatif ^{85}Sr dengan MCA pada puncak daerah anoda tidak terdapat ^{85}Sr yang memiliki energi 513 keV. Sebaliknya, uji kualitatif dengan MCA pada puncak daerah katoda terdeteksi adanya ^{85}Sr berenergi 513 keV (Gambar 6). Hal ini membuktikan Sr tidak membentuk spesi senyawa kompleks dengan HCl dan larutan penyangga saat elektroforesis berlangsung.

Gambar 6. Uji Kualitatif ^{85}Sr dengan MCA

Elektroforegram pendukung lain menunjukkan bahwa jika Sr dielektroforesis dengan penyangga salin (NaCl) masih tetap bermuatan positif. Jika HCl diganti dengan asam sitrat elektroforegramnya tetap bermuatan positif yang pergerakannya ke katoda.

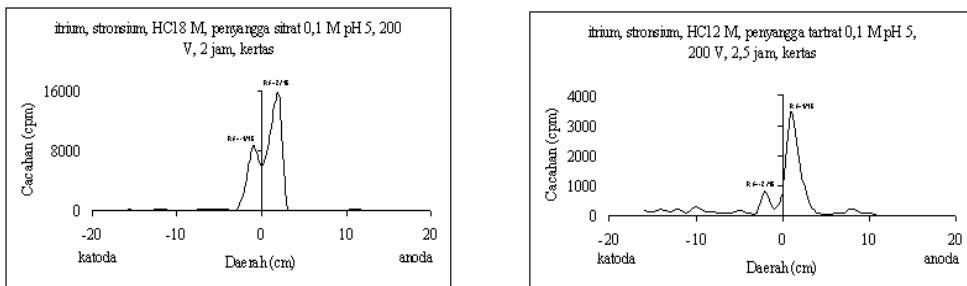
Untuk melihat karakter ion itrium dan stronsium dalam campuran, dilakukan pencampuran kedua radioisotop tersebut dengan konsentrasi HCl 2 M untuk penyangga tartrat dan HCl 8 M untuk penyangga sitrat. Pada campuran tersebut dilakukan elektroforesis menggunakan media migrasi kertas, silika, dan alumina. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Elektroforesis Campuran $^{90}\text{Y}/^{85}\text{Sr}$ Dengan Variasi Media Migrasi

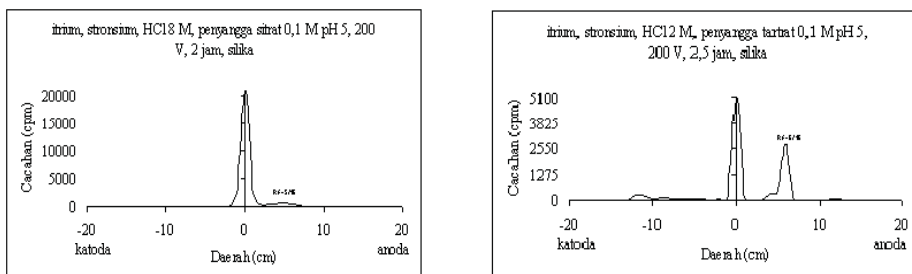
Isotop	[HCl] M	larutan penyangga	media migrasi	Rf	
Y-90/Sr-85	2	tartrat	kertas	-1/16	1/16
			TLC silika	0/16	6/16
			TLC alumina	0/16	
Y-90/Sr-85	8	sitrat	kertas	-1/16	2/16
			TLC silika	0/16	5/16
			TLC alumina	-1/16	

Elektroforegram Gambar 7 menunjukkan adanya dua puncak di anoda dan katoda. Setelah dilakukan uji kualitatif, puncak di anoda tidak terdeteksi adanya ^{85}Sr . Jadi, puncak ini merupakan puncak ^{90}Y sedangkan puncak di katoda terdeteksi ^{85}Sr . Keadaan ini membuktikan bahwa campuran $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ dengan elektroforesis dapat dipisahkan dengan jarak pisah yang cukup jauh.

Percobaan dengan media migrasi silika dan alumina dilakukan menggunakan TLC silika dan TLC alumina yang dimodifikasi dengan memotong lembaran TLC silika atau TLC alumina selebar 2 cm dan disambungkan dengan lem power glue. Kendala yang dihadapi saat elektroforesis berlangsung adalah kemungkinan terhalangnya migrasi ion-ion pada sambungan yang sangat besar sehingga aliran media gerak (larutan penyangga) tidak lancar yang juga mempengaruhi laju arus dan tegangan operasi elektroforesis karena rapat dan komposisi silika atau alumina pada sambungan menjadi tidak sama dengan daerah lainnya.

Gambar 7. Bukti Pemisahan Campuran $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ dengan Elektroforesis dengan Media Kertas

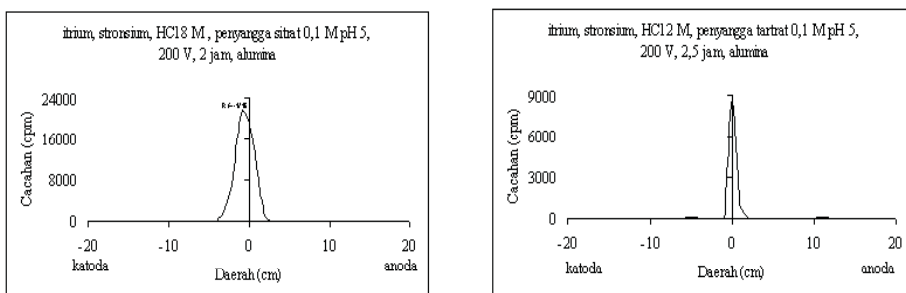
Elektroforegram campuran $^{90}\text{Y}/\text{Sr}$ dengan elektroforesis silika dengan penyangga tartrat puncaknya berada pada $R_f = 0/16$ dan $R_f = 6/16$, sedangkan dengan penyangga sitrat pada $R_f = 0/16$ dan $R_f = 5/16$. Pada pengujian kualitatif menggunakan ^{85}Sr , pada puncak $R_f = 6/16$ dan $5/16$ tidak terdeteksi adanya isotop ^{85}Sr , artinya puncak ini merupakan puncak ^{90}Y . Contoh elektrogram ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Elektroforegram Campuran $^{90}\text{Y}/\text{Sr}$ dengan Elektroforesis dengan Media Silika

Dari kedua penyangga yang digunakan terlihat pada elektroforegram penyangga tartrat lebih baik pemisahannya dari penyangga sitrat karena dari perpindahan dan jumlah cacahan penyangga tartrat lebih jauh dan lebih tinggi.

Elektroforegram campuran $^{90}\text{Y}/\text{Sr}$ dengan elektroforesis alumina disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Elektroforegram Campuran $^{90}\text{Y}/\text{Sr}$ dengan Elektroforesis Dengan Media Alumina

Pada elektroforegram terlihat hanya ada satu puncak baik dengan penyangga tartrat maupun dengan penyangga sitrat, tidak begitu jelas terlihat pemisahan antara ^{90}Y dengan Sr. Dari percobaan elektroforesis menggunakan TLC silika dan TLC alumina, elektroforegram TLC silika memberikan hasil yang lebih baik untuk pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr .

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian karakterisasi spesi senyawa kompleks ^{90}Y dan ^{90}Sr dengan elektroforesis kertas dapat disimpulkan bahwa:

1. Yttrium-90 membentuk senyawa kompleks dalam HCl. Dengan elektroforesis spesi senyawa kompleks ^{90}Y yang bermuatan negatif bergerak (migrasi) ke anoda, sebaliknya ^{90}Sr tidak membentuk senyawa kompleks dan tetap bermuatan positif.
2. Larutan penyangga yang digunakan untuk dapat membentuk spesi senyawa kompleks ^{90}Y adalah larutan penyangga tartrat dan larutan penyangga sitrat,

dan ligan pengompleksnya adalah Cl yang berasal dari HCl yang digunakan sebagai pelarut.

3. Pada penggunaan penyangga tartrat, diperoleh kondisi optimum HCl 2 M dengan parameter operasional elektroforesis 200 Volt, 2,5 jam. Dengan penyangga sitrat, diperoleh kondisi optimum HCl 8 M, dengan parameter operasional elektroforesis 200 Volt, 2 jam.
4. Media migrasi kertas memungkinkan diganti dengan pelat silika gel.

DAFTAR PUSTAKA

1. SAHA, G. B., 1997, *Fundamentals of nuclear pharmacy*, 4 ed., Springer, New York.
2. NUR, R. M., 2000, "Application of Pyridine-Type and Amine-Type Anion Exchange Resin for Separating Fission Product Element in Methanol-Hydrochloric Acid", *Media Atom Indonesia* 26, (2), National Nuclear Energy Agency of Indonesia.
3. SAITO, N., 1984, *Selected Data on Ion Exchange Separations in Radioanalytical Chemistry Pure & Application Chemistry*, 56, (4), Pergamon Press Ltd., Great Britain.
4. PILLAI M. R. A., VENKATESH, S., BANERJEE, G., et al., 2003, "Development of Radioactively Labelled Cancer Seeking Biomolecules for Targeted Therapy", IAEA – TEC doc – 1359, hal 107-111.
5. TALMAGE, S. S., 1994, "Toxicity Summary for Strontium-90", U.S. Department of Energy, Tennessee.
6. BLAHD, W. B., 1971, *Nuclear Medicine*, 2 ed., Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
7. FIRESTON, R. B. and SHIRLY, V. S., 1996, *Tabel of Isotopes*, Eighth Edition, Vol. I, John Wiley, New York.
8. Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan, Dep. Kes., 1995, *Farmakope Indonesia*, Edisi ke-4, Departemen Kesehatan. Jakarta.
9. KHOPKAR, S. M., 2002, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI-Press, Jakarta.
10. "Konsultasi pribadi dengan DR. Abdul Mutalib", Kepala Bidang Radiofarmaka PRR-BATAN, Serpong, Jakarta, 2006.
11. WIELAND, D. M., TOBES, M. C., and MANGNER, T. J., 1986, *Analytical and Chromatographic Techniques in Radiopharmaceutical Chemistry*, Springer-Verlag, New York.