

PENGGUNAAN SILIKA SEBAGAI MEDIA MIGRASI PEMISAHAN ITRIUM-90 DARI STRONSIUM-90 DENGAN METODE ELEKTROFORESIS

Sulaiman, Adang Hardi Gunawan dan Abdul Mutalib
PRR-BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan

ABSTRAK

PENGGUNAAN SILIKA SEBAGAI MEDIA MIGRASI PEMISAHAN ITRIUM-90 DARI STRONSIUM-90 DENGAN METODE ELEKTROFORESIS. Itrium-90 merupakan radioisotop yang banyak digunakan dalam kedokteran nuklir untuk keperluan terapi kanker. Untuk memperoleh ^{90}Y yang memenuhi persyaratan terapi kanker diperlukan metode pemisahan ^{90}Y yang praktis dari campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Diperlukan media migrasi yang sesuai untuk memisahkan ^{90}Y dari ^{90}Sr dengan metode elektroforesis. Telah dilakukan penelitian penggunaan silika sebagai media migrasi pada pemisahan senyawa kompleks ^{90}Y dan ^{90}Sr menggunakan metode elektroforesis. Elektroforesis dilakukan dengan variasi 2 jenis media migrasi yaitu kertas dan silika serta variasi waktu elektroforesis (2,5; 3; 4; 4,5; dan 5 jam), menggunakan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5. Dihipotesiskan bahwa silika sebagai bahan anorganik dapat digunakan untuk media migrasi elektroforesis. Penelitian ini menggunakan ^{85}Sr sebagai simulasi ^{90}Sr . Percobaan menunjukkan bahwa senyawa kompleks Y^{+3} dalam larutan penyangga tartrat migrasi ke anoda, sebaliknya Sr^{+2} tidak membentuk senyawa kompleks dengan larutan penyangga dan bermigrasi ke katoda dengan kedua media migrasi yang digunakan. Silika dapat digunakan sebagai media migrasi untuk pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr , waktu migrasi untuk silika lebih lama dibanding dengan kertas pada parameter operasional elektroforesis yang sama. Dengan demikian data yang diperoleh dapat menjadi acuan awal yang mendukung terbentuknya generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

Kata kunci : elektroforesis, ^{90}Y , ^{90}Sr , ^{85}Sr , Silika.

ABSTRACT

USAGE OF SILICA AS MIGRATION MEDIA FOR SEPARATION OF YTTRIUM-90 FROM STRONTIUM-90 USING ELECTROPHORESIS METHOD. Yttrium-90 is one of mostly used radioisotope for cancer therapy in nuclear medicine. For obtaining ^{90}Y which fulfill the requirements for cancer therapy requires a simple method for separation of ^{90}Y from $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ mixture. An appropriate migration media to separate ^{90}Y from ^{90}Sr was required. The usage of silica as migration media on separation of ^{90}Y and ^{90}Sr complex compound has been carried using electrophoresis method. This procedure was carried out by varying two kinds of migration media: i.e. paper and silica; as well as varying electrophoresis time (2.5; 3; 4; 4.5; and 5 hr) using tartrat buffer 0.1 M; pH 5. It was hypothesized that the silica can be used as anorganic material for migration on electrophoresis. The research used ^{85}Sr as simulation of ^{90}Sr . The results showed that Y^{+3} complex in tartrat buffer migrated to anode, on the other hand, Sr^{+2} did not form a complex compound with those buffer solution. The silica can be used as migration media to separate ^{90}Y from ^{90}Sr . Migration time for silica was longer than paper using similar parameter of electrophoresis. Therefore, the data obtained from this study can be used as a reference to support formation of $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ generator.

Keywords : Electrophoresis, ^{90}Y , ^{90}Sr , ^{85}Sr , Silica.

KESIMPULAN

Dari percobaan produksi radiofarmaka ^{18}F -FDG menggunakan Modul sintesa otomatis TRACER lab MX_{FDG} dapat disimpulkan bahwa proses produksi radiofarmaka ^{18}F -FDG dapat dilakukan lebih mudah dan lebih cepat, hanya membutuhkan waktu 40 menit dengan perolehan *yield* radiokimia mencapai 53.895% (tanpa koreksi waktu peluruhan), larutan jernih tak berwarna pH : 6, steril dan bebas pirogen, kandungan pengotor kriptofix di bawah batas yang di ijin dan kemurnian radiokimia 99,595%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Abdul Mutalib (Ka PRR), Ibu Dra. Siti Darwati, M.Sc. (Kepala Bidang Radiofarmaka), Bapak Drs. Adang Hardi Gunawan, Apt. (Kepala Kolompok Biodinamika) serta rekan-rekan yang telah membantu terlaksanakannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. AMETAMEY, S.M. AND HONER, M., PET Radiopharmaceuticals, *Alsbimn Journal*, Center for Radiopharmaceutical Science of ETH, PSI and USZ, CH-5232 Villigen-PSI, Switzerland, Year 5, Number 18, October 2002.
2. MARK, M. AND RAINES. J., Positron Emission Tomography in Cancer Research and Treatment, *Technology in cancer Research and Treatment*, ISSN 1533-0346, Vol. 1, No. 6, December, 2002
3. HAMACHER, K., COENEN, H.H. AND STOCKLIN, G., Efficient Stereospecific Synthesis of No-Carrier Added $2(^{18}\text{F})$ -Fluoro-2-Deoxy-D-Glucose Using Aminopolyether Supported Nucleophilic Substitution, *Journal of Nuclear Medicine*, Volume 27, No.2, February 1986, pp. 235-238.
4. HAMACHER K, BLESSING G. AND NEBELING B., Computer-aided Synthesis (CAS) of No-carrier-added $2(^{18}\text{F})$ -Fluoro-2-Deoxy-D-Glucose: an Efficient Automated System for the Aminopolyether Supported Nucleophilic Fluorination, *Journal Application Radiation Isotope*, Vol.41 No.1, 1990, pp.49-55
5. OKARVI S.M., Recent progress in fluorin-18 labelled peptide radiopharmaceuticals, *European journal of Nuclear Medicine*, Vol.28, No.7, July, 2001.
6. ANONIMOUS, TRACERlab MX_{FDG} Operator manual, Technical Publications, GE Medical Systems, Benelux.

PENDAHULUAN

Kedokteran nuklir telah menerapkan cara pengobatan (terapi) yang efektif dengan memanfaatkan radiasi dari radionuklida yang diberikan ke dalam tubuh atau sel kanker yang bersangkutan, diantaranya adalah menggunakan Itrium-90 (^{90}Y). Itrium-90 merupakan radionuklida yang digunakan untuk penyiapan radiofarmaka terapi misalnya ^{90}Y -Citrate digunakan untuk *synovectomy*. Perkembangan terakhir berkaitan dengan *molecular targeting* radionuklida ^{90}Y telah digunakan untuk penyiapan radiofarmaka *specific target* sebagai *radioimmunotherapy* dan *peptide receptor radionuclide therapy* menggunakan antibodi dan peptida spesifik terhadap antigen dan reseptor yang berada di permukaan sel kanker[1].

Itrium-90 yang digunakan diperoleh dari peluruhan Stronsium-90 (^{90}Sr), yang dipisahkan dari induknya ^{90}Sr , sedangkan ^{90}Sr sendiri merupakan radionuklida hasil belah ^{235}U . Metode pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr yang telah dikembangkan saat ini pada umumnya adalah metode ekstraksi pelarut dan kromatografi kolom menggunakan penukar ion dan metode pemisahan berbasis membran[2].

Pemisahan $^{90}\text{Sr}^{2+}$ dan $^{90}\text{Y}^{3+}$ yang dikembangkan oleh Barrio G. dan Osso J. A.[3], menggunakan resin penukar kation dengan EDTA sebagai larutan pengelusi yang memisahkan ^{90}Y dari ^{90}Sr . Menurut Saito[4] untuk mendapatkan pemisahan yang baik, $^{90}\text{Y}^{3+}$ harus dikondisikan agar membentuk senyawa kompleks anion. Perbedaan muatan antara kompleks anion ^{90}Y dengan ^{90}Sr menjadi dasar pemisahan menggunakan resin penukar kation. Ion Sr^{2+} akan terikat pada resin penukar kation dan kompleks anion Itrium seperti

$[\text{YCl}_6]^{3-}$, $[\text{YCl}_n]^{(n-3)-}$ akan terelusi keluar kolom.

Stronsium-90 memiliki energi β^- maksimum yang tinggi sebesar 0,544 MeV dengan valensi + 2. Stronsium-90 merupakan salah satu radionuklida hasil belah ^{235}U , mempunyai waktu paro 28,1 tahun. Stronsium-90 memiliki radiotoksitas yang tinggi dan bersifat retensi dalam tubuh[5], maka dapat merusak sumsum tulang dan juga bersifat karsinogenik, karena itu preparat ^{90}Y yang dihasilkan harus benar-benar bebas dari cemaran ^{90}Sr [5]. Spesifikasi radionuklida ^{90}Y untuk terapi yang disyaratkan adalah pengotor $\gamma < 10^{-4}$ Bq/Bq ^{90}Y (γ spektrometer), pengotor $^{90}\text{Sr} < 10^{-5}$ Bq/Bq ^{90}Y (LSC), dan kemurnian radionuklida $> 99\%$ (kromatografi)[7]. Itrium-90 terbentuk dari peluruhan ^{90}Sr dengan waktu paro 64,1 jam, merupakan radioisotop pemancar β^- dengan energi 2,28 MeV dan daya tembus dalam air 11 mm, ^{90}Y mempunyai valensi + 3 ($^{90}\text{Y}^{3+}$)[8]. Itrium termasuk dalam golongan logam transisi yang mempunyai kesamaan sifat dengan ion Ho^{3+} , Gd^{3+} , atau ion Sm^{3+} yang dapat membentuk senyawa kompleks.

Elektroforesis adalah metode analisis fisika berdasarkan migrasi partikel bermuatan yang terlarut atau terdispersi dalam larutan elektrolit dibawah medan listrik[9]. Dihipotesakan bahwa silika dapat digunakan sebagai media migrasi pada elektroforesis mengingat silika sudah umum dipakai sebagai media pemisahan pada kromatografi lapisan tipis, kromatografi kolom dan pada pemisahan penukar ion.

Penelitian ini bertujuan memperoleh media yang sesuai untuk memisahkan ^{90}Y dari ^{90}Sr dengan metode elektroforesis dan membandingkannya

dengan media kertas, dan data yang diperoleh dapat mendukung terbentuknya generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

TATA KERJA

Bahan dan peralatan

Bahan-bahan yang digunakan adalah Y_2O_3 alam (*Strem Chemicals*), SrO alam (*Strem Chemicals*), asam klorida 37% pa (*MERCK*), penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 (dibuat dengan mencampurkan asam tartrat 0,1 M dengan garam tartrat 0,1 M sampai pH 5), kertas elektroforesis *Advantec 51B (Whatman no. 1)*, TLC silika (*MERCK*), dan bahan pendukung lainnya.

Peralatan yang digunakan adalah Elektroforesis yang terdiri dari *power supply (Fihser)* dan *chamber. Gamma management system (GMS) DPC Gamma-C12* dengan detektor NaI(Tl) , *gamma ionization chamber, Atomlab 100 Plus (Biodex Medical System)*, spektrometer gamma (*Tennelec*) dengan detektor HPGe , dan alat-alat pendukung lainnya.

Pembuatan larutan ^{90}Y , ^{85}Sr , serta campurannya sebagai sampel elektroforesis

Diitrium trioksida (Y_2O_3) alam yang telah diiradiasi di reaktor G. A. Siwabessy BATAN pada kondisi fluks neutron termal $> 10^{13}$ selama 1 jam dengan daya reaktor 15 MW dilarutkan dengan HCl 2 M, dipanaskan dan diaduk sampai semua larut menjadi $^{90}\text{Y(III)Cl}_3$. Larutan ini selanjutnya digunakan untuk sampel elektroforesis pada penentuan migrasi senyawa $^{90}\text{Y(III)Cl}_3$. Itrium yang digunakan berasal dari reaksi $^{89}\text{Y}(n,\gamma)^{90}\text{Y}$.

Stronsium Oksida (SrO) alam yang telah diiradiasi di reaktor pada kondisi fluks neutron termal $> 10^{13}$ selama 1 jam dengan daya reaktor 15 MW

dilarutkan dengan HCl 2 M dipanaskan dan diaduk sampai semua larut menjadi $^{85}\text{Sr(II)Cl}_2$. Larutan ini selanjutnya digunakan untuk sampel elektroforesis pada penentuan migrasi senyawa $^{85}\text{Sr(II)Cl}_2$. Pada bagian penelitian ini ^{90}Sr disimulasi dengan ^{85}Sr dengan alasan ^{90}Sr sulit diperoleh dan mahal, ^{90}Sr dan ^{85}Sr mempunyai sifat kimia yang sama, ^{85}Sr pemancar β^- dan γ , sinar γ -nya dijadikan acuan untuk uji kualitatif dengan alat spektrometer gamma. Dengan adanya sinar γ dari ^{85}Sr , uji kualitatif dari puncak yang terdapat pada elektroforegram dapat dilakukan. Stronsium-85 diperoleh dari reaksi $^{84}\text{Sr}(n,\gamma)^{85}\text{Sr}$.

Larutan $^{90}\text{Y(III)Cl}_3$ dan larutan $^{85}\text{Sr(II)Cl}_2$ dicampurkan dengan perbandingan 1:1 (v/v) menggunakan pipet. Laruan ini digunakan untuk sampel elektroforesis campuran ($^{85}\text{Sr(II)Cl}_2/^{90}\text{Y(III)Cl}_3$) pada penentuan migrasi senyawa $^{85}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

Penentuan arah migrasi senyawa $^{90}\text{Y(III)Cl}_3$

Penentuan migrasi senyawa $^{90}\text{Y(III)Cl}_3$ dengan media migrasi kertas

Disiapkan kertas elektroforesis (*Whatman no. 1*) dengan panjang 33 cm lebar 1,5 cm kertas ditandai dengan angka minus enam belas sampai enam belas dengan jarak masing-masing 1 cm. Larutan sampel ^{90}Y diambil 20 μL yang telah disiapkan sebelumnya, lalu ditotolkan di daerah 0 (nol) pada kertas elektroforesis dan 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 tartrat 0,1 M; pH 5. Elektroforesis dilakukan selama

2,5 jam pada tegangan 200 volt. Setelah 2,5 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 migrasi senyawa $^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$ dengan media migrasi silika

Disiapkan *TLC* silika (MERCK) dengan panjang 20 cm lebar 1,5 cm dan silika ditandai dengan angka minus sembilan sampai sembilan dengan jarak masing masing 1 cm. Larutan sampel ^{90}Y diambil 20 μL yang telah disiapkan sebelumnya, lalu ditotolkan di daerah 0 (nol) pada *TLC* silika dan dikeringkan, *TLC* silika dipasang dengan posisi daerah negatif berada di sisi anoda dan daerah positif berada di sisi katoda kedua ujung silika disambung dengan silika lain hingga kedua ujungnya tercelup pada larutan penyangga, seluruh permukaan *TLC* silika dibasahi dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 ditutup dengan lempengan kaca. Elektroforesis dilakukan selama variasi waktu (2,5; 3; 4; 4,5; dan 5) jam pada tegangan 200 volt. Setelah selesai *TLC* silika diangkat dan dikeringkan.

TLC silika 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 arah migrasi senyawa $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$

Penentuan migrasi senyawa $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$ dengan media migrasi kertas

Disiapkan kertas elektroforesis (*Whatman no. 1*) dengan panjang 33 cm lebar 1,5 cm kertas ditandai dengan angka minus enam belas sampai enam belas dengan jarak masing-masing 1 cm. Larutan sampel ^{90}Y diambil 20 μL yang telah disiapkan sebelumnya, lalu ditotolkan di daerah 0 (nol) pada kertas elektroforesis dan 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 tartrat 0,1 M; pH 5. Elektroforesis dilakukan selama 2,5 jam pada tegangan 200 volt. Setelah 2,5 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 migrasi senyawa $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$ dengan media migrasi silika

Disiapkan *TLC* silika (MERCK) dengan panjang 20 cm lebar 1,5 cm dan silika ditandai dengan angka minus sembilan sampai sembilan dengan jarak masing masing 1 cm. Larutan sampel ^{90}Y diambil 20 μL yang telah disiapkan sebelumnya, lalu ditotolkan di daerah 0 (nol) pada *TLC* silika dan dikeringkan, *TLC* silika dipasang dengan posisi daerah negatif berada di sisi anoda dan daerah positif berada di sisi katoda kedua ujung silika disambung dengan silika lain hingga kedua

ujungnya tercelup pada larutan penyangga, seluruh permukaan *TLC* silika dibasahi dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 ditutup dengan lempengan kaca. Elektroforesis dilakukan selama variasi waktu (2,5; 3; 4; 4,5; dan 5) jam pada tegangan 200 volt. Setelah selesai *TLC* silika diangkat dan dikeringkan.

TLC silika 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 arah migrasi campuran ($^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2/^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$)

Dilakukan dengan cara yang sama dengan penentuan migrasi senyawa $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$ dengan media migrasi kertas dan penentuan migrasi senyawa $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$ dengan media migrasi silika, waktu elektroforesis 2,5 jam untuk media migrasi kertas dan 5 jam dengan silika. Cacahan tertinggi diuji dengan spektrometer gamma untuk menentukan mana puncak ^{85}Sr dan puncak ^{90}Y .

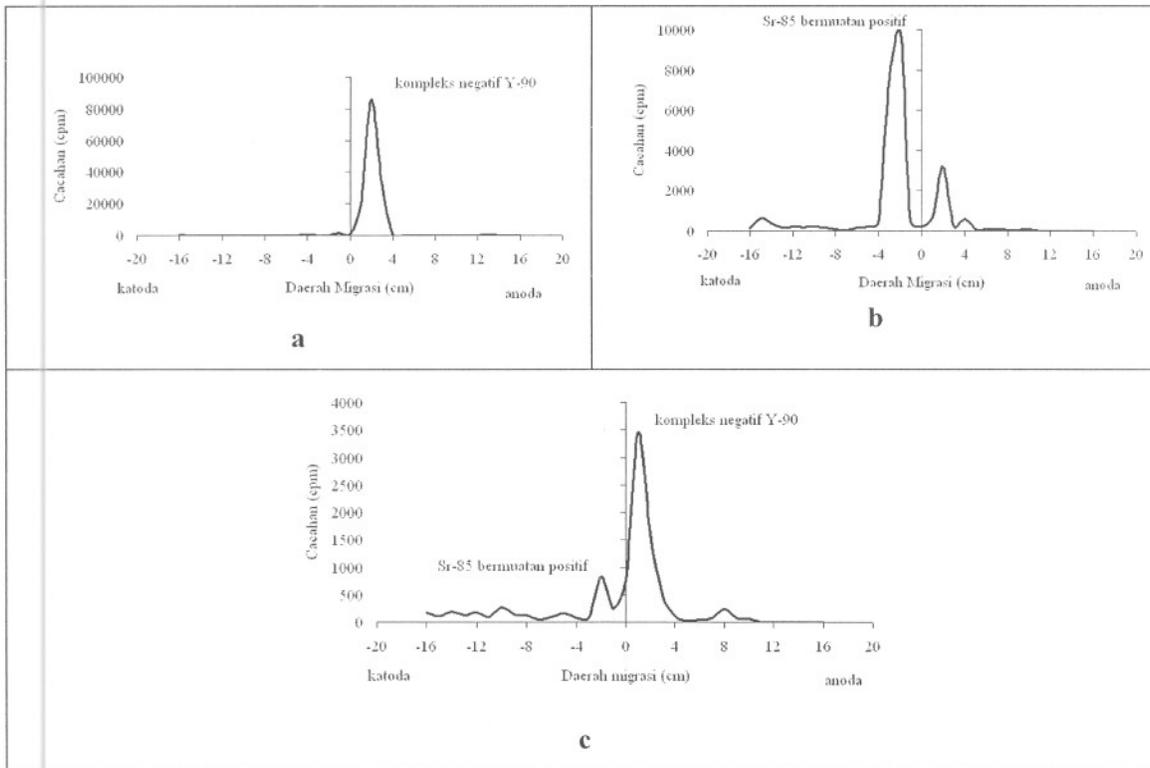
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian penggunaan media migrasi anorganik (silika) untuk memisahkan ^{90}Y dari ^{90}Sr dengan metode elektroforesis diawali dengan menggunakan media migrasi kertas, metode ini disebut elektroforesis kertas. Media migrasi kertas yang digunakan diganti dengan media silika. Keberadaan ^{90}Sr ditandai dengan ^{85}Sr sebagai simulasi untuk radionuklida ^{90}Sr .

Elektroforesis $^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$, $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$ dan

campuran ($^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2/^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$) dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5, pada tegangan elektroforesis 200 volt, selama 2,5 jam menggunakan media migrasi kertas, elektroforegram ditampilkan pada Gambar 1.

Elektroforegram Gambar 1.A menunjukkan ^{90}Y migrasi ke arah anoda dan Gambar 1.B menunjukkan ^{85}Sr migrasi ke arah katoda dengan larutan penyangga tartrat menggunakan media migrasi kertas. Walaupun terdapat puncak di daerah anoda (Gambar 1.B), puncak tersebut bukan ^{85}Sr karena telah dibuktikan dengan spektrometer gamma, pada puncak daerah anoda tidak terdapat ^{85}Sr yang memiliki energi γ 513 keV, sebaliknya uji kualitatif ^{85}Sr dengan spektrometer gamma pada puncak daerah katoda terdeteksi ada ^{85}Sr dengan energi γ 513 keV. Hal ini membuktikan Sr tidak membentuk senyawa kompleks dengan adanya HCl dan larutan penyangga saat elektroforesis berlangsung. Elektroforegram Gambar 1.C terlihat pola migrasi campuran $^{85}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ada dua puncak yang telah dibuktikan dengan spektrometer gamma, puncak di katoda terdapat energi 513 keV yang dimiliki oleh ^{85}Sr sebagaimana Gambar 1.B dan puncak di anoda tidak terdapat energi 513 keV, dapat diartikan puncak di anoda puncak ^{90}Y sebagaimana Gambar 1.A. Keadaan ini menyatakan bahwa campuran $^{85}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan elektroforesis dapat dipisahkan dengan jarak pisah cukup jauh menggunakan media migrasi kertas, yang juga telah dilaporkan dalam forum terdahulu[10]. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kesimpulan tersebut berlaku juga untuk campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

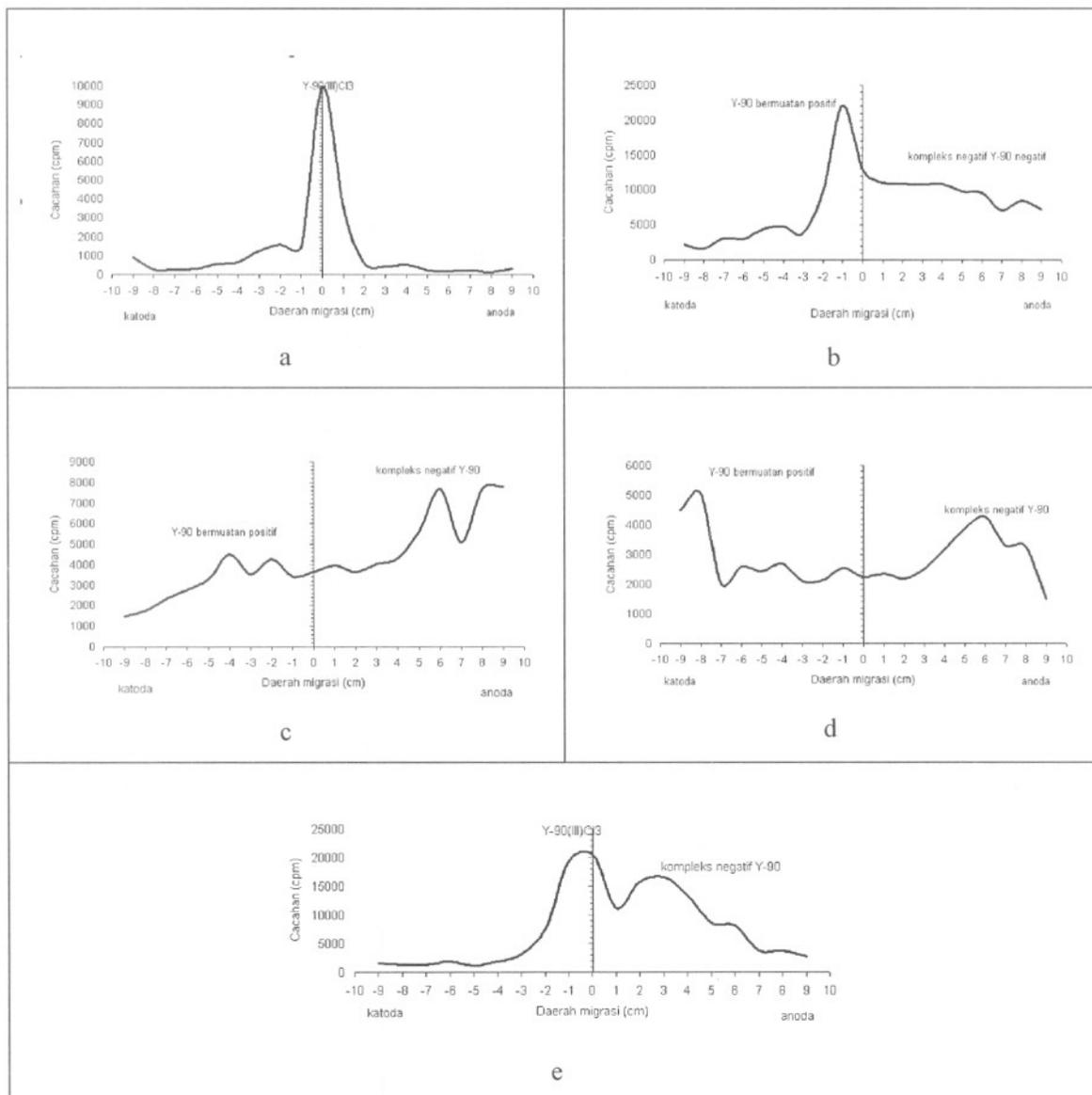


Gambar 1. Elektroforegram (a) ^{90}Y , (b) ^{85}Sr dan (c) Campuran $^{85}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5, pada tegangan elektroforesis 200 volt, selama 2,5 jam dengan media migrasi kertas (^{90}Sr disimulasi dengan ^{85}Sr).

Mengingat kertas adalah bahan organik yang tidak dapat bertahan lama terkena radiasi. Penggunaan kertas untuk tujuan pembuatan generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ tidak efisien. Alternatif lain menggunakan media migrasi anorganik. Bahan anorganik diharapkan dapat bertahan lama mengingat waktu paro ^{90}Sr sangat lama 28,1 tahun. Salah satu bahan anorganik yang sering digunakan

untuk pemisahan berbagai unsur atau senyawa adalah silika.

Elektroforesis ^{90}Y ($^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$) menggunakan media migrasi silika dengan variasi waktu elektroforesis (2,5; 3; 4; 4,5; dan 5) jam pada tegangan elektroforesis 200 volt dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 elektroforegram diperlihatkan pada Gambar 2 .



Gambar 2. Elektroforegram ^{90}Y menggunakan media migrasi silika dengan variasi waktu elektroforesis, (a) 2,5 jam (b) 3 jam (c) 4 jam (d) 4,5 jam (e) 5 jam pada tegangan elektroforesis 200 volt dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5.

Dari Gambar 2.a dengan waktu yang sama dengan elektroforesis kertas 2,5 jam (Gambar 1) menggunakan silika belum terjadi migrasi ^{90}Y , migrasi ^{90}Y baru terlihat setelah (3; 4; 4,5, dan 5) jam pada Gambar 2(b,c,d, dan e). Gambar 2(b,c, dan d) terlihat migrasi ^{90}Y menyebar ke kedua arah anoda dan katoda ini menunjukkan saat elektroforesis berlangsung ^{90}Y sebagian berbentuk $^{90}\text{Y}^{+3}$ dan sebagian berbentuk senyawa kompleks ^{90}Y

bermuatan negatif. Berdasarkan Gambar 2(b,c, dan d) dimungkinkan sebelum terbentuknya kompleks ^{90}Y bermuatan negatif, $^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$ terurai menjadi $^{90}\text{Y}^{+3}$ seiring waktu elektroforesis $^{90}\text{Y}^{+3}$ membentuk senyawa kompleks ^{90}Y yang bermuatan negatif. Kompleks ^{90}Y bermuatan negatif baru dominan terbentuk setelah elektroforesis berlangsung selama 5 jam Gambar 2.e. Makin lama waktu elektroforesis

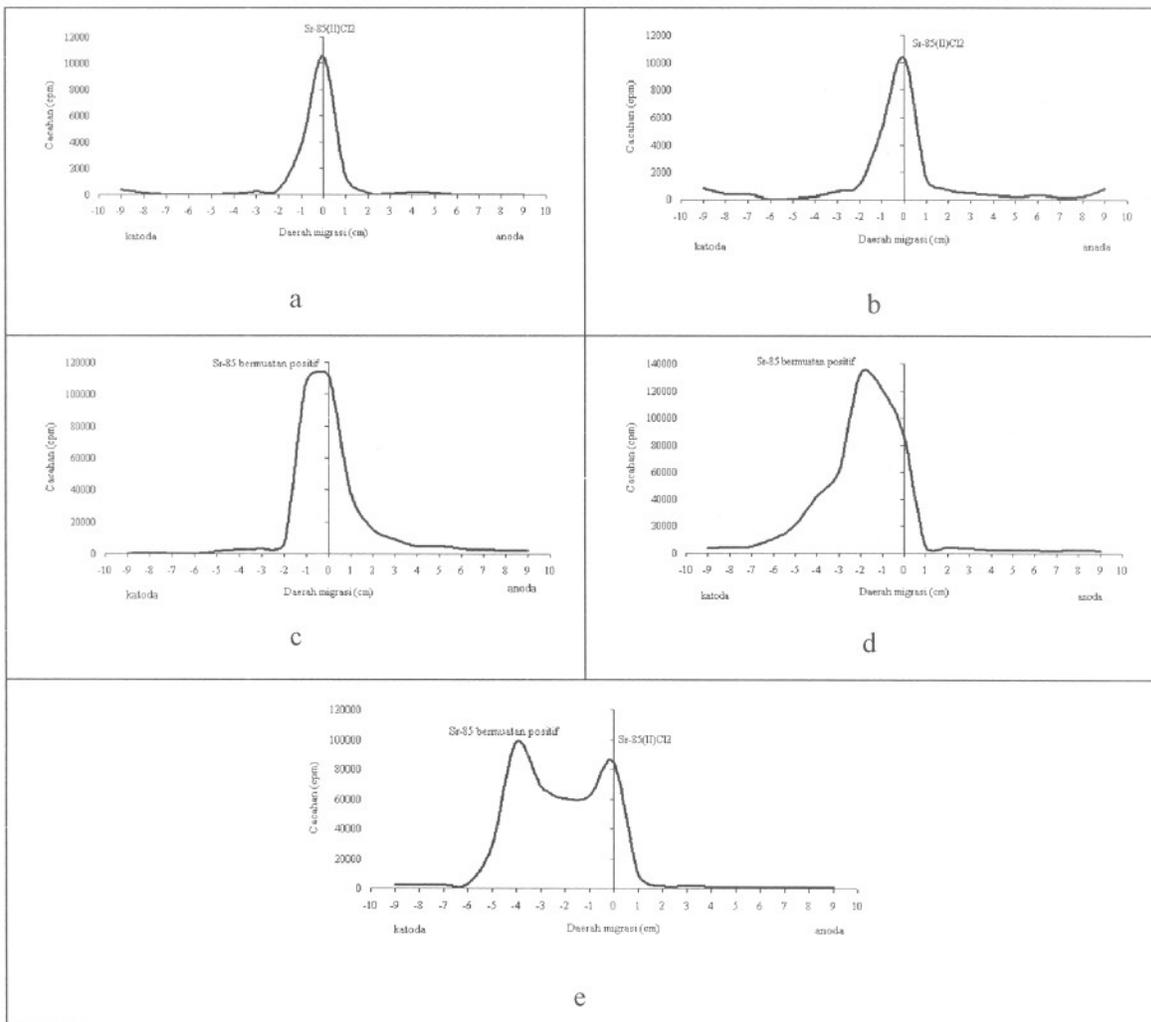
semakin banyak terbentuk senyawa kompleks ^{90}Y bermuatan negatif.

Elektroforesis ^{85}Sr ($^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$) menggunakan media migrasi silika dengan variasi waktu elektroforesis (2,5; 3; 4; 4,5; dan 5) jam pada tegangan elektroforesis 200 volt dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 elektroforegram diperlihatkan pada Gambar 3.

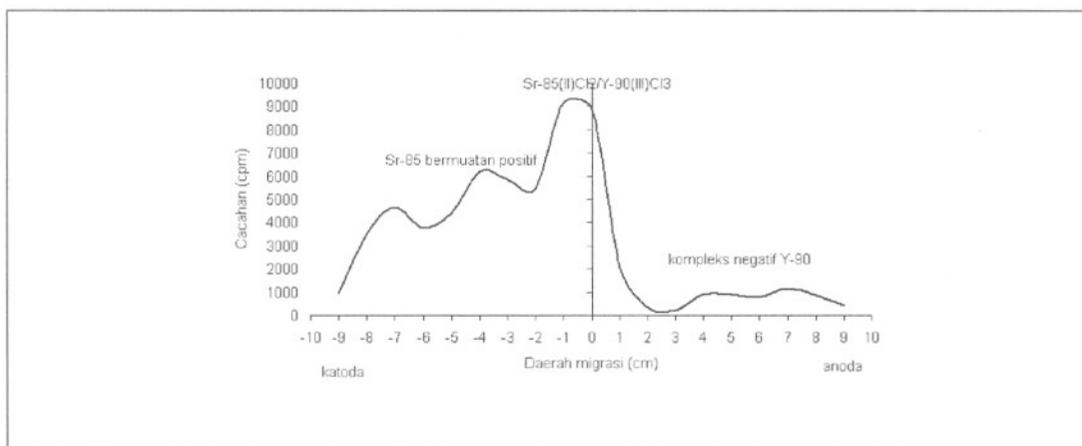
Dari Gambar 3.(a dan b) dengan variasi waktu elektroforisis ^{85}Sr (2,5, dan 3) jam belum terlihat migrasi ^{85}Sr . Migrasi baru terlihat setelah elektroforesis berlangsung selama (4; 4,5, dan 5) jam Gambar 3(c, d, dan e) arah migrasi ke katoda hal ini

menjelaskan ^{85}Sr tetap bermuatan positif. Untuk tujuan pemisahan ^{90}Y dari ^{85}Sr menggunakan silika maka elektroforesis campuran $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2/^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$ dipakai waktu elektroforesis selama 5 jam berpatokan pada Gambar 2.e dan Gambar 3.e, dengan migrasi kompleks ^{90}Y bermuatan negatif yang dominan dan migrasi ^{85}Sr terjauh.

Elektroforesis campuran $^{85}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ($^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2/^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$) menggunakan media migrasi silika pada tegangan elektroforesis 200 volt, selama 5 jam dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 ditampilkan elektroforegram pada Gambar 4.



Gambar 3. Elektroforegram $^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2$ menggunakan media migrasi silika dengan variasi waktu elektroforesis, (a) 2,5 jam (b) 3 jam (c) 4 jam (d) 4,5 jam (e) 5 jam pada tegangan elektroforesis 200 volt dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 (^{90}Sr disimulasi dengan ^{85}Sr).

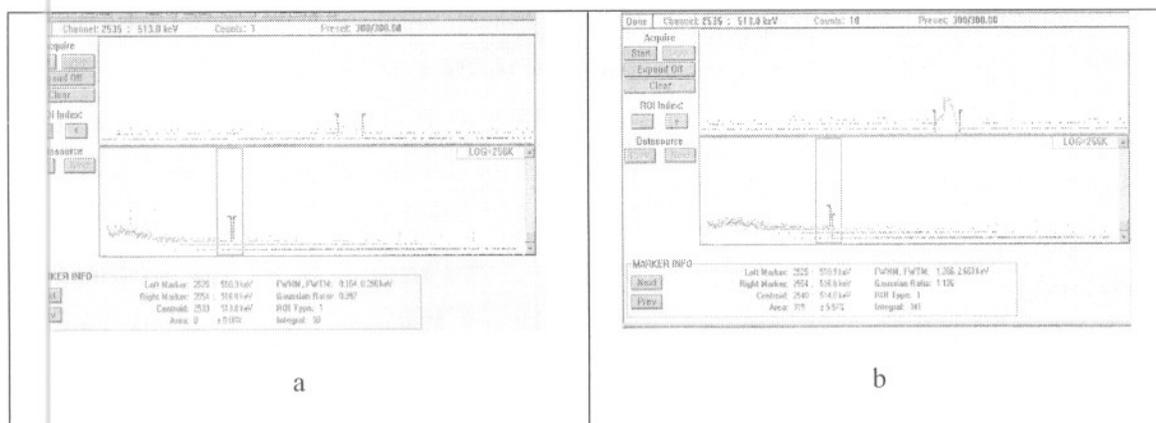


Gambar 4. Elektroforegram campuran ($^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2/^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$) menggunakan media migrasi silika pada tegangan elektroforesis 200 volt, selama 5 jam dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 (^{90}Sr disimulasi dengan ^{85}Sr).

Elektroforegram pada Gambar 4 terlihat ada puncak di anoda dan katoda, uji kualitatif untuk ^{85}Sr dengan alat spektrometer gamma terbukti puncak di anoda adalah ^{90}Y sebaliknya puncak katoda adalah ^{85}Sr karena pada uji kualitatif dengan spektrometer gamma terdeteksi energi 513 keV yang dimiliki oleh ^{85}Sr (Gambar 5.B) sedangkan puncak di anoda tidak terdeteksi adanya energi 513 keV (Gambar 5.A) membuktikan ini bukan ^{85}Sr melainkan ^{90}Y .

Campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan elektroforesis kertas dalam waktu 2,5 jam pada tegangan 200 volt menggunakan larutan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 sudah terjadi pemisahan tidak demikian halnya dengan elektroforesis silika. Elektroforesis

menggunakan media silika membutuhkan waktu yang lebih lama dari elektroforesis kertas kemungkinan pori-pori silika lebih rapat dari kertas ini terlihat dari penyebaran larutan penyangga tartrat pada silika lebih lama dibanding kertas, elektroforesis silika harus di tutup dengan lempengan kaca untuk menghindari penguapan larutan penyangga, kalau tidak tertutup kaca pada saat larutan penyangga menguap terjadi pengkristalan garam pada media silika ditambah lambatnya penyebaran larutan penyangga ke media silika hal ini mengakibatkan media migrasi silika terbakar.



Gambar 5. Uji kualitatif stronsium dengan alat spektrometer gamma, untuk puncak pada elektroforegram campuran $^{85}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ($^{85}\text{Sr}(\text{II})\text{Cl}_2/^{90}\text{Y}(\text{III})\text{Cl}_3$) pada tegangan elektroforesis 200 volt, selama 5 jam dengan penyangga tartrat 0,1 M; pH 5 (a) puncak daerah anoda, (b) pada puncak daerah katoda (^{90}Sr disimulasi dengan ^{85}Sr).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian penggunaan silika sebagai media migrasi untuk pemisahan ^{90}Y dan ^{90}Sr dengan elektroforesis disimpulkan bahwa silika dapat digunakan sebagai media migrasi. Pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr dengan silika memerlukan waktu lebih lama dibanding dengan kertas pada parameter operasional elektroforesis yang sama. Data ini dapat menjadi acuan pada pengembangan generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Swasono R. Tamat, M.Sc. Ph.D yang telah memberikan bimbingan penulisan serta masukan dan saran di dalam penulisan makalah ini dan kepada Sdr. Abidin dan kawan-kawan yang telah membantu melakukan iradiasi target di reaktor PRSG.

DAFTAR PUSTAKA

1. MUTALIB. A., "Radionuklida dan Radiofarmaka untuk Keperluan Medik: Pengembangan teknologi produksi di PRR-BATAN", Prosiding Seminar Teknoekonomi Iptek Nuklir, Serpong, 2006, hal. 200-212.
2. HAPPEL S., STRENG R., VATER P., ENSINGER W., "Sr/Y Separation by Supported Liquid Membranes Based on Nuclear Track Micro Filter", Radiation Measurements 36, Elsevier Ltd, 2003, 761-766.
3. BARRIO G AND OSSO J.A., "Development of Methodology for the preparation of ^{90}Sr - ^{90}Y generators", INAC, Santos, SP, Brazil, 2007
4. SAITO, N., "Selected Data on Ion Exchange Separations in Radioanalytical Chemistry Pure & Application Chemistry", 56, (4), Pergamon Press Ltd., Great Britain, 1984.
5. TALMAGE, S. S., 1994, "Toxicity Summary for Strontium-90", U. S. Department of Energy, Tennessee.
6. PILLAI M. R. A., VENKATESH, S., BANERJEE, G., *et al.*, "Development of Radioactively Labelled Cancer Seeking Biomolecules for Targeted Therapy", IAEA – TEC doc – 1359, 2003, hal. 107-111.
7. www.emea.europa.eu/humandocs/PDFs/EPAR/yttriga/059606en6.pdf - 2006-10-30.
8. BLAHD, W. B., "Nuclear Medicine", 2 ed., Mc. Graw-Hill Book Company, New York, 1971, hal. 776.
9. "Farmakope Indonesia", Edisi ke-4, Departemen Kesehatan. Jakarta, 1995, hal.992.
10. SULAIMAN, GUNAWAN A. H., KUNDARI N. A., MUTALIB A., "Karakterisasi Spesi Senyawa Kompleks Itrium-90 dan Stronsium-90 dengan elektroforesis kertas", Prosiding Seminar Nasional Ke-37 Jaringan Kerja Sama Kimia Indonesia, Buku II, 2006, hal. 145-152.