



PROSIDING

PERTEMUAN ILMIAH RADIOISOTOP, RADIOFARMAKA, SIKLOTRON DAN KEDOKTERAN NUKLIR

Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre
Siloam Hospitals Semanggi - Jakarta
8 - 9 November 2013

*"Advanced Development of Radiopharmaceuticals,
Molecular Imaging and Targeted Radionuclide Therapy"*



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA**

GEDUNG 11, KAWASAN PUSPIPTEK, TANGERANG SELATAN, BANTEN
TELP/FAX : (021) 756 3141
email : prr@batan.go.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia dan hidayahNya sehingga prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir 2013 ini dapat disusun dan diterbitkan sesuai dengan tenggat waktu yang telah ditentukan oleh panitia. Seluruh makalah yang ada dalam prosiding ini merupakan kumpulan makalah yang telah lolos proses seleksi yang dilakukan tim reviewer dan telah disampaikan dalam kegiatan Pertemuan Ilmiah Tahunan 2013 yang diselenggarakan pada tanggal 8 – 9 Nopember 2013 di Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre (MRCCC) Siloam Hospitals Semanggi, Jakarta.

Prosiding ini dimaksudkan untuk menyebarluaskan informasi berupa kajian dan hasil-hasil penelitian dan pengembangan di bidang radioisotop, radiofarmaka dan siklotron serta aplikasinya dalam bidang kesehatan maupun kedokteran nuklir di Indonesia. Sesuai dengan tema Pertemuan Ilmiah Tahunan 2013 “Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Therapy”, diharapkan prosiding ini dapat menjadi media bagi para peneliti, pemikir, pemerhati kesehatan untuk saling bertukar ide dalam perkembangan bidang kesehatan untuk mencapai kemandirian bangsa.

Prosiding ini tentu saja tidak luput dari kekurangan, namun dengan mengesampingkan kekurangan tersebut, terbitnya prosiding ini diharapkan dapat membantu para peneliti, pemikir dan pemerhati kesehatan dalam mencari referensi dan menambah motivasi untuk melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang radioisotop, radiofarmaka, siklotron dan kedokteran nuklir.

Jakarta, Desember 2013
Tim editor

PENASEHAT

Prof. DR. Dr Johan S Masjhur, SpPD-KEMD, SpKN	(PKNI/PKBNI)
Dr. A Hussein S Kartamihardha, SpKN, MHKes	(PKNI/PKBNI)
DR. Abdul Mutalib	(Universitas Padjajaran)

PENGARAH

Dra. Siti Darwati MSc	(PRR-BATAN)
Dr. Trias Nugrahadi, SpKN	(PKNI/PKBNI)

TIM EDITOR

Dr. Basuki Hidayat, SpKN	(RSHS-Bandung)
DR. Rohadi Awaluddin	(PRR-BATAN)
DR. Martalena Ramli	(PRR-BATAN)
Drs. Hari Suryanto, M.Sc	(PRR-BATAN)
Dr Resnaldy, SpKN	(PKNI/PKBNI)

Prosiding

Fath Priyadi, V. Yulianti Susilo, Wira Y. Rahman

LAPORAN KETUA PANITIA

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas ijin-Nya Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 ini dapat terwujud. Penyelenggaraan Pertemuan Ilmiah Tahunan ini merupakan kolaborasi antara Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka - BATAN dan PKNI/PKBNI dengan mengangkat tema : "Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Radionuclide Therapy".

Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi perkembangan terbaru mengenai radiofarmaka, molecular imaging, dan targeted radionuclide therapy, meningkatkan intensitas interaksi antara pelaku kegiatan litbang di bidang radioisotop, radiofarmaka, dan siklotron dengan para klinisi Kedokteran Nuklir serta mitra industri, sehingga terbentuk kegiatan yang saling bersinergi dari tahap litbang sampai pada tahap pemanfaatannya secara luas khususnya dalam bidang kedokteran nuklir.

Sebagaimana kita ketahui bersama bahwa Kedokteran nuklir saat ini merupakan salah satu pelayanan kesehatan yang berperan penting dibidang kesehatan dan kedokteran di Indonesia yang dibuktikan dengan adanya peningkatan penggunaan modalitas diagnosis dan terapi di pusat pelayanan kedokteran nuklir beberapa rumah sakit di Indonesia baik rumah sakit pemerintah maupun swasta.

Pertemuan ilmiah tahunan 2013 ini dihadiri kurang lebih 200 orang dengan acara yang mencakup plenary session berupa presentasi dari keynote speaker yang berasal dari dalam maupun luar negeri, workshop dan presentasi secara oral dari peserta penyaji serta diskusi yang diikuti oleh lembaga litbang, mitra pengguna/rumah sakit maupun mitra industri, akademisi serta pengambil kebijakan.

Besar harapan kami kegiatan Pertemuan Ilmiah Tahunan ini dapat berlanjut untuk masa yang akan datang. Akhir kata, kami mohon maaf apabila ada kekurangan dalam penyelenggaraan kegiatan ini.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Ketua Panitia Pelaksana
Didik Setiaji

KATA SAMBUTAN
KEPALA PUSAT RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya sehingga acara Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 dapat dilaksanakan dengan baik sampai dengan terbitnya prosiding. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Editor dan semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian prosiding ini.

Kami berharap prosiding ini dapat digunakan sebagai dokumentasi karya ilmiah para peneliti dan praktisi dalam bidang kesehatan khususnya kedokteran nuklir yang telah dipresentasikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 pada tanggal 8 – 9 Nopember 2013 di *Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre Siloam Hospitals Semanggi*, Jakarta. Pertemuan ilmiah ini mengangkat tema **“Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Therapy”** dengan melibatkan para peneliti dari Pusat Radioisotop Dan Radiofarmaka (PRR) dan beberapa Satker dilingkungan BATAN maupun perguruan tinggi, para praktisi kedokteran nuklir serta pembicara tamu dari luar negeri yaitu USA/Korea, Singapura, China dan Australia.

Harapan kami semoga prosiding ini dapat dijadikan referensi bagi berbagai pihak terutama para peneliti, pemikir dan pemerhati kesehatan dalam penelitian dan pengembangan radioisotop, radiofarmaka dan siklotron, serta aplikasinya dalam bidang kedokteran nuklir sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan bagi masyarakat luas.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Kepala Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka
Dra. Siti Darwati, M.Sc

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Penasehat, Pengarah, Tim Editor	ii
Laporan Ketua Panitia	iii
Kata Sambutan Kepala Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka	iv
Daftar Isi	v
Optimising Radiation Safety Practices in Nuclear Medicine Departement : a Study From Australian Hospital	1
<i>Nur Rahmah Hidayati</i>	
Unjuk Kerja Kolom Generator ⁹⁰Sr/⁹⁰Y Berbasis Fasa Diam Alumina	11
<i>Sulaiman, Adang H.G., Karyadi, Sri Aguswarini, A. Mutalib, Gatot S.</i>	
Penggunaan Ra-223 Dalam Targeted Alpha Therapy untuk Kanker Prostat	17
<i>Hilary Reinhart</i>	
Identifikasi Radionuklida Hasil Iradiasi Ytterbium Alam	26
Menggunakan Spektrometer Gamma	
<i>Triani W., Endang S., Umi NS., Triyanto, Sunarhadijoso S.</i>	
Simulasi Dosis Radial Sumber Brakiterapi Iridium-192 Tipe H-01	33
dengan Menggunakan MCNPX 2.6.0	
<i>Anik Purwaningsih</i>	
Penatalaksanaan Kesehatan untuk Pekerja Radiasi	39
yang Menerima Dosis Berlebih	
<i>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti, RPS, Rimin Sumantri</i>	
Elektroplating Nikel pada Keping Emas	44
untuk Produksi Radioisotop Cu-64 Menggunakan Cyclotron	
<i>Herlan Setiawan, Cahyana A, Daya Agung, M Subechi, Hotman L, Sriyono, Wira YR</i>	
Produksi Renium-188 Menggunakan Bahan Sasaran Tungsten Alam dan Diperkaya	51
<i>Indra Saptiama, Herlina, Hotman Lubis, Sriyono, Hambali</i>	
Kajian Keselamatan pada Pengawasan Proses Produksi ¹⁸FDG	59
di Rumah Sakit Kanker Dharmais	
<i>Rr.Djarwanti RPS, Rohmansyur, Hadirahman, Uteng, Herta, Nurhuda</i>	
Sintesis dan Uji Stabilitas Senyawa Nukleotida Bertanda [γ-³²P]ATP	64
<i>Wira Y Rahman, Endang Sarmini, Herlina, Triyanto, Hambali, Abdul Mutalib, Santi Nurbaiti</i>	
Optimasi Preparasi Nanopartikel Emas (AuNPs)	70
Terbungkus PAMAM Dendrimer Generasi 4	
<i>Anung Pujiyanto, Herlan Setiawan, Mujinah, Hotman Lubis, Dede K, Adang Hardi G, Rien Ritawidya, Abdul Mutalib</i>	

Validasi Parameter Medan Gaya Program ChemBio3D 11.0	78
untuk Disain Molekuler Senyawa Kompleks Radiofarmaka ^{99m}Tc	
<i>Maiyesni</i>	

UNJUK KERJA KOLOM GENERATOR $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ BERBASIS FASA DIAM ALUMINA

Sulaiman, Adang H.G., Karyadi, Sri Aguswarini, A. Mutalib, Gatot S.

PRR-BATAN Serpong

sulaiman@batan.go.id

ABSTRAK

UNJUK KERJA KOLOM GENERATOR $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ BERBASIS FASA DIAM ALUMINA. Berbagai teknik untuk mendapatkan ^{90}Y telah banyak dikembangkan mulai dari iradiasi $^{89}\text{Y}(n,\gamma)$ ^{90}Y dan pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr hasil fisi. Generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ adalah salah satu metode pemisahan yang banyak dikembangkan. Dalam penelitian ini, untuk mengembangkan generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ berbasis elektrokromatografi, diteliti pengaruh posisi loading gate terhadap jarak migrasi ^{90}Y ke bejana anoda. Variasi loading gate yang dilakukan adalah 2 cm, 2,5 cm, 3,5 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1,0 cm serta loading gate 2,5 cm diameter 1,5 cm. Posisi loading gate yang memberikan kinerja yang lebih baik adalah 2 cm dari bejana anoda dengan diameter kolom 1 cm. Dengan aktivitas ^{90}Sr 7,79 mCi yang ditambahkan ke kolom tersebut, telah diperoleh hasil pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr dengan yield 13,89%, kemurnian radiokimia 87,19 %, dan pengotor ^{90}Sr 0.00571 Bq/Bq ^{90}Y serta tidak terdeteksi pengotor gamma.

Kata kunci : itrium, stronsium, alumina, kolom, generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

ABSTRACT

COLUMN PERFORMANCE $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ GENERATOR BASED ON STATIONARY PHASE ALUMINA. Various techniques have been developed to get ^{90}Y , starting from $^{89}\text{Y}(n,\gamma)$ ^{90}Y and ^{90}Y separation from ^{90}Sr fission product. $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ generator separation method has been developed. In this study to develop a $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ generator based on electrochromatography, effect of loading gate position on the migration distance of ^{90}Y was investigated. Variations in loading gate were 2 cm, 2.5 cm, 3.5 cm from the anode vessel with a diameter of 1 cm column and 2.5 cm by 1.5 cm diameter column. Position of loading gate which gives highest performance is 2 cm from the anode vessel with a diameter of 1 cm. With 7.79 mCi of ^{90}Sr to the column, the separation of ^{90}Y from ^{90}Sr have been obtained yield of 13.89%, 87.19% radiochemical purity with impurity of ^{90}Sr 0.00571 Bq / Bq ^{90}Y and no detectable gamma impurities.

Key words : yttrium, strontium, alumina, columns, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ generator.

PENDAHULUAN

Radiofarmaka terapi yang umum digunakan dalam kedokteran nuklir merupakan senyawa yang mengandung radionuklida pemancar partikel bermuatan, seperti β^- , α , atau elektron auger untuk dipaparkan ke arah sel penyebab penyakit, terutama sel kanker. Salah satu radionuklida pemancar partikel bermuatan yang sering digunakan diantaranya adalah Itrium-90 (^{90}Y) pemancar β^- dengan energi maksimum 2280 keV dan waktu paro 64,1 jam. Radiofarmaka terapi ^{90}Y diantaranya adalah ^{90}Y -sitrat yang digunakan untuk *synovectomy*, ^{90}Y -Ibritumomab tiuxetan

(Zevalin) untuk terapi NHL (Non Hodgkin's Lymphoma). Perkembangan terakhir berkaitan dengan *molecular targeting* untuk terapi, penggunaan radionuklida ^{90}Y telah cukup luas. Itrium-90 diperlukan dalam penyiapan radiofarmaka untuk *radioimmunotherapy* maupun *peptide receptor radionuclide therapy* yang masing-masing menggunakan antibodi dan peptida spesifik terhadap antigen dan reseptor yang berada di permukaan sel kanker^[1].

Itrium-90 dalam bentuk bebas pengembalian dapat diperoleh dari peluruhan stronsium-90 (^{90}Sr), melalui proses pemisahan. Stronsium-90 yang digunakan

merupakan radionuklida hasil belah ^{235}U . Stronsium-90 memiliki energi β^- maksimum 544 keV dan waktu paro 28,1 tahun. Metode pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr telah banyak dikembangkan dan pada umumnya menggunakan metode ekstraksi pelarut, kromatografi kolom penukar ion, metode pemisahan berbasis membran, dan metode elektrodeposisi [2, 3]. Barrio G. dan Osso J. A.[4] menggunakan resin penukar kation dengan EDTA sebagai larutan pengelusi untuk memisahkan $^{90}\text{Y}^{3+}$ dari $^{90}\text{Sr}^{2+}$. Saito[5] menyatakan pemisahan yang baik terjadi apabila $^{90}\text{Y}^{3+}$ dikondisikan sebagai senyawa kompleks anion. Itrium sebagai unsur *pseudo* lantanida memiliki kemiripan sifat kimia dengan ion lantanida, seperti Ho^{3+} , Gd^{3+} , atau ion Sm^{3+} , terutama dalam pembentukan senyawa kompleks. Karena itu perbedaan muatan dan sifat kimia antara kompleks anion ^{90}Y dengan kation ^{90}Sr menjadi dasar pemisahan dengan menggunakan resin penukar kation. Stronsium-90 selain memiliki radiotoksitas cukup tinggi bila terkumulasi pada tulang[6], dan radiasinya dapat merusak sumsum tulang, juga bersifat karsinogenik, karena itu ^{90}Y untuk keperluan medis harus benar-benar bebas dari cemaran ^{90}Sr [7,8].

Dalam makalah ini dilaporkan hasil studi unjuk kerja kolom generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ berbasis fasa diam alumina. Kolom generator merupakan bagian yang terpenting dalam suatu sistem generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ yang merupakan tempat media migrasi dan absorber dari radionuklida $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ yang akan dipisahkan. Perlu didisain tempat *loading (loading gate)* untuk menempatkan posisi radionuklida $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ di dalam kolom agar diperoleh jarak migrasi radionuklida ^{90}Y ke arah bejana anoda yang memberikan pemisahan yang baik dengan terakumulasinya ^{90}Y pada larutan yang berada di bejana anoda.

Media alumina di dalam kolom berperan sebagai fase diam yang mampu menyerap ^{90}Sr dan ^{90}Y . Pada kedua ujung kolom dipasang elektroda platina, yang berperan sebagai katoda dan anoda, sehingga bila diberi muatan listrik memungkinkan ion ^{90}Y dan ^{90}Sr mengalami mobilitas elektroforetik dengan arah sesuai dengan muatan yang dimilikinya. Karena ion $^{90}\text{Y}^{3+}$ merupakan ion "*pseudo-lanthanide*" yang memiliki bilangan koordinasi sampai sembilan, maka dengan

adanya ligand ion negatif, seperti Cl^- , dapat diperkirakan terbentuknya spesi ion kompleks ^{90}Y bermuatan negatif. Spesi ini akan bergerak ke arah anoda bila diberikan medan listrik. Ion ^{90}Sr merupakan ion logam alkali yang umumnya cukup stabil sebagai kation, spesi kation ini dipastikan akan bergerak ke arah lokasi katoda [9].

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan disain kolom generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan menggunakan isian kolom alumina (aluminium oxide 90 aktif N) sebagai fasa diam atau media migrasi dan adsorber radionuklida $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Dari penelitian ini diharapkan diperoleh disain kolom generator yang memberikan pemisahan ^{90}Y dari campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

METODOLOGI

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan adalah $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ hasil fisi (Ritverc), asam klorida 37% pa (Merck), penyangga sitrat 0,025 M pH 5, penyangga sitrat 0,1 M pH 5, alumina (aluminium oxide 90 aktif N) (Merck).

Peralatan yang digunakan adalah sistem elektroforesis yang terdiri dari *power supply* dan kolom elektrokromatografi (lokal) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Selain itu digunakan *beta counter*, *bioscan AR 200*, *Gamma Manangement System (GMS)*, *Liquid Scintillation Counters (LSC)* dan alat-alat pendukung lainnya.



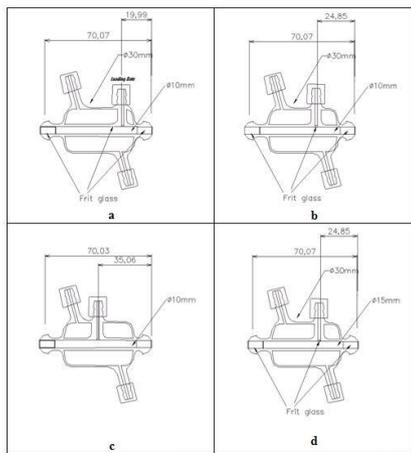
Gambar 1. a. Sistem generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (lokal),
b. Kolom

Preparasi Isian Kolom

Bahan isian kolom yang digunakan adalah alumina (aluminium oxide 90 aktif N), yang telah dicuci dan dijenuhkan dengan larutan penyangga sitrat 0,1 M; pH 5.

Kolom generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ berukuran panjang 7 cm diisi dengan alumina dengan salah satu ujung dari kolom ditutup dengan gelas frit. Alumina dalam kolom harus rata dan padat, dan bagian ujung yang lain ditutup dengan gelas frit.

Variasi tempat loading (*loading gate*) dari kolom yang akan digunakan berjarak dari salah satu ujung kolom: 2 cm, 2,5 cm, dan 3,5 cm diameter kolom 1 cm serta 2,5 cm dengan diameter kolom 1,5 cm. Variasi tersebut seperti ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Disain kolom generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan variasi *loading gate* $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dan diameter dalam kolom (a. *loading gate* 2 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm; b. 2,5 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm; c. 3,5 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm; d. 2,5 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1,5 cm).

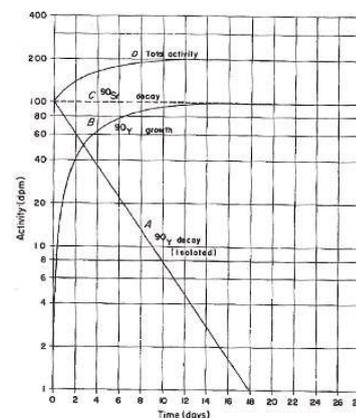
Studi Posisi *Loading Gate* untuk Pemisahan yang Lebih Baik

Kolom yang telah disiapkan (kolom : a, b, c, dan d) dipasang pada bejana anoda dan katoda (Gambar 1b) dan dipasang rangkaian pendingin dan *power supply*. Larutan $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (70-100 μCi) dimasukkan ke dalam kolom melalui *loading gate* yang telah tersedia sebanyak 20 μL . Larutan penyangga sitrat 0,1 M; pH 5 ditambahkan ke dalam kedua bejana masing-masing sebanyak 3-5 mL. *Power supply* diset pada 400 volt dan waktu 4 jam serta air pendingin dialirkan. Setiap jam, larutan pada bejana anoda di ambil dan kembali ditambah dengan penyangga sitrat 0,1 M; pH 5 sebanyak 3-5 mL begitu seterusnya sampai proses selesai dalam waktu yang

ditetapkan. Larutan yang diperoleh masing-masing ditentukan volume. Sepuluh μL dari masing-masing larutan dicuplik ke kertas saring termasuk larutan induk $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, dikeringkan lalu dicacah dengan pencacah beta.

Pemisahan ^{90}Y dari Campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan Kolom Hasil Studi Posisi *Loading Gate*

Kolom yang telah terpilih dari hasil studi posisi *loading gate* (kolom a) yaitu posisi *loading gate* $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan jarak 2 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm dipasang pada bejana anoda dan katoda (Gambar 1b) dan dipasang rangkaian pendingin dan *power supply*. Ditambahkan 40 μL larutan $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (7,79 mCi) ke dalam kolom melalui *loading gate*. Kedua bejana ditambahkan larutan penyangga sitrat 0,1 M; pH 5 sebanyak 3-5 mL. *Power supply* diset pada 400 volt dan waktu 4 jam, serta air pendingin dialirkan. Setiap jam proses berlangsung, larutan pada bejana anoda diambil dan kembali ditambah dengan penyangga sitrat 0,1 M pH 5 sebanyak 3-5 mL, begitu seterusnya sampai proses selesai dalam waktu yang ditetapkan. Masing-masing larutan yang diperoleh ditentukan volumenya. Sepuluh μL dari masing-masing larutan dicuplik ke kertas saring termasuk larutan induk $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, dikeringkan lalu dicacah dengan pencacah beta. Dengan asumsi campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ yang di-*loading* ke kolom dalam kesetimbangan sekuler seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Ditentukan $\%yield$ ^{90}Y hasil pemisahan.



Gambar 3. Kurva peluruhan dan pertumbuhan radionuklida $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dalam kesetimbangan sekuler^[10].

Penentuan Kemurnian Radiokimia ^{90}Y Hasil Pemisahan dengan Elektroforesis Kertas

Disiapkan kertas elektroforesis dengan ukuran (32 x 1,5) cm. Pada bagian tengah ditotolkan ^{90}Y hasil pemisahan, dikeringkan, diberi tanda bagian anoda(+) dan katoda(-). Ditambahkan larutan penyangga sitrat 0,025 M; pH 5 ke dalam bejana elektroforesis kertas, lalu kertas elektroforesis dengan bagian bertanda (+) ditempatkan pada bejana anoda, bagian bertanda (-) pada bejana katoda. Semua permukaan kertas dibasahi dengan larutan penyangga, bejana ditutup. Dialirkan air pendingin dan *power supply* diset pada tegangan 400 volt selama 2 jam. Setelah proses selesai kertas dikeringkan, ditutup dengan selotip dan dicacah dengan pencacah *Bioscan AR 200* atau pencacah *Gamma Manangement System (GMS)*.

Penentuan Kadar Radionuklida ^{90}Sr dalam Larutan ^{90}Y Hasil Pemisahan

Disiapkan kertas elektroforesis dengan ukuran (32 x 1,5) cm. Pada bagian tengah ditotolkan ^{90}Y hasil pemisahan sebanyak 10 μL , dikeringkan dan diberi tanda bagian anoda (+) dan katoda (-). Ditambahkan larutan penyangga sitrat 0,025 M; pH 5 ke dalam bejana elektroforesis kertas, lalu kertas elektroforesis dengan bagian bertanda (+) ditempatkan pada bejana anoda, bagian bertanda (-) pada bejana katoda. Semua permukaan kertas dibasahi dengan larutan penyangga, lalu ditutup. Dialirkan air pendingin dan *power supply* diset pada tegangan 400 volt selama 2 jam. Setelah proses selesai kertas dikeringkan, dipotong-potong dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu dicacah dengan pencacah *Gamma Mnanagement System (GMS)*. Bagian puncak di daerah katoda digabung dan dilarutkan kembali dengan akuades 2 mL. Dilakukan pengadukan menggunakan vortex dan dibiarkan semalam agar larut sempurna. Larutan diambil 150 μL dimasukkan ke dalam *well LSC* ditambahkan cocktail 50 μL dan *well* ditutup rapat dengan *magic tape*. Dilakukan pencacahan dengan *LSC*, sehingga dapat ditentukan jumlah pengotor ^{90}Sr dalam larutan ^{90}Y hasil pemisahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN Studi Posisi Loading Gate

Variasi posisi tempat *loading* (Gambar 2) yang telah dilakukan menggunakan isian kolom alumina dan radionuklida ^{90}Sr hasil fisi memberikan hasil yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. hasil pemisahan ^{90}Y dengan variasi kolom generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

Kolom (panjang 7 cm)	a 2 cm Ø 1cm	b 2,5 cm Ø 1cm	c 3 cm Ø 1cm	d 2,5 cm Ø 1,5 cm
Yield ^{90}Y (%)	57,88	22,55	14,87	10,22
Kemurnian radiokimia (%)	80,48	50,32	53,15	82,84

Ket: a. *loading gate* 2 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm; b. *loading gate* 2,5 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm; c. *loading gate* 3,5 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm; d. *loading gate* 2,5 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1,5 cm.

Dari Tabel 1 terlihat hasil *yield* dan kemurnian radiokimia dari masing-masing kolom yang digunakan. Kolom a memberikan *yield* ^{90}Y 57,88% tertinggi dari kolom lainnya sementara kolom d memberikan % kemurnian radiokimia tertinggi 82,84% dibanding yang lainnya. Kemurnian radiokimia untuk kolom a 80,48% termasuk tinggi dari dua kolom lainnya setelah kolom d. Jadi dari 4 variasi disain kolom yang digunakan kolom a dinyatakan kolom yang memberikan hasil pemisahan yang lebih baik, dimana kolom a posisi *loading gate* 2 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm. Kolom a akan digunakan untuk kolom generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan aktivitas *loading* radionuklida ^{90}Sr yang lebih besar untuk menghasilkan radionuklida ^{90}Y .

Pemisahan ^{90}Y dari Campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan kolom hasil Studi Posisi *loading Gate*

Kolom yang digunakan adalah kolom a, posisi *loading gate* 2 cm dari bejana anoda dengan diameter kolom 1 cm. Campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ yang digunakan berasal dari hasil fisi (Ritverc) dengan aktivitas total ditambahkan ke dalam kolom 7,79 mCi (40

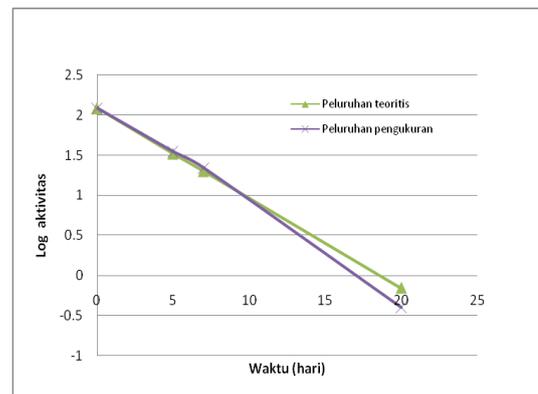
µL). Hasil pemisahan ditampilkan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 *yield* ^{90}Y diperoleh 13,89%, terlihat hasil lebih kecil dari *loading* menggunakan aktivitas kecil (table 1 kolom a) 57,88%. Hasil ini diduga dipengaruhi oleh ^{90}Sr yang digunakan terkontaminasi oleh hancurnya bahan penutup wadah ^{90}Sr yang digunakan karena pengaruh radiasi. Uji elektroforesis kertas yang dilakukan terhadap kedua bahan yang digunakan memperlihatkan adanya perbedaan pemisahan, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ yang digunakan untuk aktivitas kecil yang diambil sebelum tutup wadah hancur terpisah dengan baik sementara $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ untuk aktivitas yang lebih tinggi tidak terjadi pemisahan seperti sebelumnya, dugaan lain adanya pengaruh dari kepadatan isian kolom alumina yang digunakan. Kepadatan alumina di dalam kolom berpengaruh terhadap luas permukaan yang akan dilalui ^{90}Y saat migrasi kearah anoda, semakin luas permukaan yang dilalui semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk migrasi. Jadi semakin padat isian alumina dalam kolom, jumlah alumina semakin banyak sehingga luas permukaan yang harus dilalui semakin luas. Karenanya dengan waktu yang sama hasil akan berbeda. Kemurnian radiokimia kecil dari yang dipersyaratkan begitu pula dengan pengotor ^{90}Sr tinggi dari yang dipersyaratkan untuk penggunaan pada manusia.

Tabel 2. Hasil pemisahan ^{90}Y dari campuran $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dengan disain kolom a, posisi *loading* *gate* 2 cm dari bejana anoda, diameter kolom 1 cm

Parameter	Hasil	Persyaratan[8]
Yield ^{90}Y	13,89 %	
Kemurnian Radiokimia	87,19 %	> 99 %
Pengotor ^{90}Sr	0.00571 Bq/Bq ^{90}Y	< 0.00010 Bq/Bq ^{90}Y
Pengotor Gamma	tidak terdeteksi	< 0.0010 Bq/Bq ^{90}Y

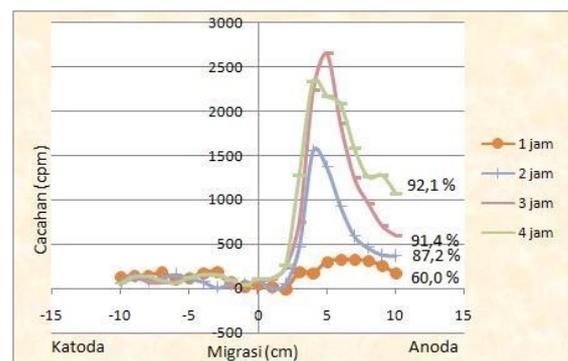
Profil peluruhan ^{90}Y hasil pemisahan secara teoritis vs pengukuran ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Profil peluruhan ^{90}Y hasil pemisahan secara teoritis vs pengukuran

Itrium-90 merupakan pemancar β -karena itu sulit untuk identifikasi ^{90}Y hasil pemisahan, untuk memastikan yang diperoleh dari hasil pemisahan adalah ^{90}Y maka dilakukan uji peluruhan. Dengan melihat profil peluruhan dari hasil pemisahan dan dibandingkan dengan peluruhan ^{90}Y secara teoritis. Dengan demikian dapat di pastikan hasil yang diperoleh adalah radionuklida ^{90}Y . Melihat profil peluruhan hasil pemisahan secara teoritis vs pengukuran yang ditampilkan pada Gambar 4 dapat dipastikan yang diperoleh dari pemisahan adalah ^{90}Y , karena pola peluruhan sama secara teoritis.

Profil kemurnian radiokimia ^{90}Y hasil pemisahan dari tiap jam elusi dengan metode elektroforesis kertas diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil kemurnian radiokimia ^{90}Y dari tiap jam elusi dengan metode elektroforesis kertas

Gambar 5 memperlihatkan bahwa ^{90}Y bergerak ke arah anoda yang menandakan ^{90}Y dalam bentuk senyawa kompleks bermuatan negatif diduga dalam bentuk kimia ^{90}Y -sitat. Profil kemurnian radiokimia

semakin meningkat seiring lamanya proses pemisahan.

Jadi dengan menggunakan kolom berukuran panjang 7 cm, *loading gate* 2 cm dari bejana anoda serta diameter kolom tempat media alumina 1 cm, telah diperoleh hasil pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr dengan *yield* 13,89%, kemurnian radiokimia 87,19 %, dan pengotor ^{90}Sr 0.00571 Bq/Bq ^{90}Y serta tidak terdeteksi pengotor gamma.

KESIMPULAN

Dari studi disain kolom generator $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ yang telah dilakukan menggunakan kolom berukuran panjang 7 cm, *loading gate* 2 cm dari bejana anoda serta diameter kolom tempat media alumina 1 cm, telah diperoleh hasil pemisahan ^{90}Y dari ^{90}Sr dengan *yield* 13,89%, kemurnian radiokimia 87,19 %, dan pengotor ^{90}Sr 0.00571 Bq/Bq ^{90}Y serta tidak terdeteksi pengotor gamma.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DR. Rohadi Awalidin, dan Dra. Siti Darwati, M.Sc serta kawan-kawan yang telah membantu serta memberikan masukan dalam pembuatan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. MUTALIB. A., 2006,"Radionuklida dan Radiofarmaka untuk Keperluan Medik: Pengembangan teknologi produksi di PRR-BATAN", Prosiding Seminar Teknoekonomi Iptek Nuklir, Serpong , hal. 200-212.
2. HAPPEL S., STRENG R., VATER P., ENSINGER W., 2003, "Sr/Y Separation by Supported Liquid Membranes Based on Nuclear Track Micro Filter", Radiation Measurements 36, Elsevier Ltd, 761-766.
3. International Atomic Energy Agency, 2009,' Therapeutic radionuclide Generators: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ and $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Generators", Technical Reports Series No. 470, Vienna.
4. BARRIO G AND OSSO J.A., 2007, "Development of Methodology for the preparation of $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ generators", INAC, Santos, SP, Brazil
5. SAITO, N., 1984,"Selected Data on Ion Exchange Separations in Radioanalytical Chemistry Pure & Application Chemistry", 56, (4), Pergamon Press Ltd., Great Britain.
6. TALMAGE, S. S., 1994,"Toxicity Summary for Strontium-90", U. S. Department of Energy, Tennessee.
7. 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.
8. www.emea.europa.eu/humandocs/PDFs/EPAR/yttriga/059606en6.pdf - 2006-10-30.
9. SULAIMAN, ADANG H.G., A. MUTALIB, 2011," Mobilitas Radionuklida Itrium dan Radionuklida Stronsium di Dalam Kolom Elektrokromatografi", Prosiding Pertemuan Ilmiah Radioisotop, Radiofarmaka dan Siklotron,hal.126-130.
10. L'ANNUAZIATA, M. F., 2007," Radioactivity: Introduction and History", Elsevier, Amsterdam, hal.63.