



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>	

IDENTIFIKASI RADIONUKLIDA HASIL IRADIASI YTTERBIUM ALAM MENGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA

Triani W., Endang S., Umi NS., Triyanto, Sunarhadijoso S.

Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka, BATAN,
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang Selatan 15314
Telp. 021 7563141 Fax. 021 7563141

roem_82@yahoo.com

ABSTRAK

IDENTIFIKASI RADIONUKLIDA HASIL IRADIASI YTTERBIUM ALAM MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA. Lutesium-177 (^{177}Lu) murni dan bebas dari isotop Yb sangat diperlukan untuk terapi kedokteran nuklir. Produksi ^{177}Lu secara tidak langsung dapat dilakukan dengan iradiasi target Yb alam ($^{176}\text{Yb}_2\text{O}_3$) diikuti dengan pemisahan ^{177}Lu dari isotop Yb. Pemisahan Lu dan Yb memiliki kendala tersendiri, hal ini karena Lu dan Yb sama-sama merupakan ion trivalen sehingga kekuatan ikatnya hampir sama dan menyebabkan faktor pemisahan (α) sangat kecil. Secara teoritis, keberadaan Lu dan Yb pada tabel periodik unsur berdampingan pada golongan lantanida sehingga mempunyai kemiripan sifat yang mengakibatkan kedua isotop ini juga sulit dipisahkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi radionuklida yang terbentuk paska iradiasi dan radionuklida lain yang terdapat dalam tiap fraksi hasil proses pemisahan. Pemisahan Lu dan Yb dilakukan dengan cara fraksinasi menggunakan kolom kromatografi yang berisi resin LN yang sudah dikondisikan dengan pemanasan. Proses elusi dijaga temperaturnya 50°C dengan eluen HNO_3 1,5 M; 2 M dan 3 M. Dari hasil analisis dengan Spektrometer gamma kandungan isotop ^{177}Lu pada bulk Yb_2O_3 paska iradiasi sebesar 19,28% dan banyak mengandung isotop ^{169}Yb dan ^{175}Yb . Identifikasi radionuklida dilakukan pada tiap fraksi hasil elusi, didapat fraksi 1 menggunakan eluen 1,5 M tidak ada radioaktivitas, fraksi 2 menggunakan eluen 2 M teridentifikasi puncak Yb, fraksi 3 dan fraksi 4 menggunakan eluen 2 M teridentifikasi adanya campuran Lu dan Yb, dan fraksi 5 menggunakan eluen 3 M teridentifikasi hanya puncak Lu namun aktivitasnya kecil yaitu 21,300 mCi dalam volume 50 mL dengan rendemen ^{177}Lu sebesar 44,02%.

Kata kunci : Lutesium-177, Ytterbium alam, Spektrometer gamma

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF RADIONUCLIDES YIELD OF IRRADIATED NATURAL YTTERBIUM USING GAMMA SPECTROMETRY. Pure Lutetium-177 (^{177}Lu) which free of Ytterbium nuclide is required for therapy in nuclear medicine. ^{177}Lu can be produced by indirect process, through irradiation of natural Ytterbium ($^{176}\text{Yb}_2\text{O}_3$) followed by separation of ^{177}Lu from Yb matrix. The separation of Lu from Yb matrix is difficult because those isotopes are the same trivalent ions which bonding energy are equivalent such that their separation factor (α) is very low. Besides, in the periodic table, Lu and Yb are side by side in the lanthanide group, means they have similar properties so it is difficult to separate them. The aim of this study is identification of nuclides produced after neutron irradiation, and identification of radionuclides in each fraction of separation process. Separation of Lu from Yb matrix is carried out using chromatographic column with LN resin that has been preconditioned by heating and eluting with nitric acid; the column is connected to heating facilities to keep the column at 50°C , and eluted with HNO_3 1,5M; 2M and 3M. The results of the analysis using gamma spectrometry showed that the bulk Yb_2O_3 after irradiation contained about 19,28% of ^{177}Lu and the rest were ^{169}Yb and ^{175}Yb . The results of radionuclide identification in each fraction of eluent were as follow: 1st

fraction of HNO_3 1,5 M contains no radionuclides; 2nd fraction of 50 ml HNO_3 2 M, identified the peak of Yb nuclide; 3rd and 4th fractions of HNO_3 2 M contain both Yb and Lu nuclides; and 5th fraction of 50 ml HNO_3 3 M identified the peak of Lu nuclide, in low activity about 21.3 mCi, and the yield of ^{177}Lu was 44.02%.

Key words : Lutetium-177, Natural Ytterbium, Gamma Spectrometry

PENDAHULUAN

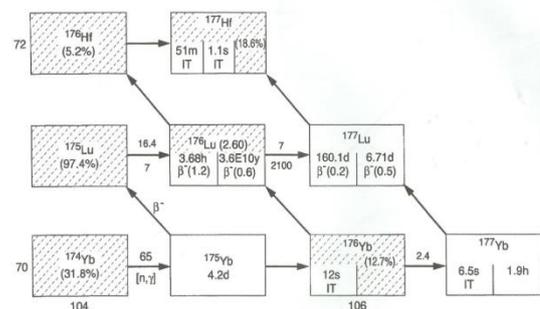
Radioisotop secara luas telah digunakan di berbagai aplikasi di bidang kesehatan, terutama digunakan untuk diagnostik dan terapi berbagai penyakit. Saat ini kebutuhan akan radioisotop meningkat dengan cepat terutama dalam pengobatan kanker, khususnya di bidang kedokteran nuklir,

Berbagai radiolantanida sangat menarik dan menguntungkan dalam pengembangan sebagai agen radioterapi. Secara kimia sifat lantanida mirip satu sama lain tetapi sifat-sifat nuklirnya berbeda seperti emisi radiasi, waktu paruh, tampang lintang dan sebagainya. Para peneliti dapat mengembangkan sifat kimianya yang diperlukan untuk menggabungkan lantanida menjadi pembawa/*carrier* untuk dibawa menuju target jaringan kemudian memilih radiolantanida yang memiliki sifat nuklirnya yang sesuai seperti waktu paruh, energi beta yang spesifik untuk pengobatan tertentu [1].

Salah satu radiolantanida yang banyak digunakan dalam kedokteran nuklir adalah Lutesium (^{177}Lu). Pemanfaatan ^{177}Lu banyak digunakan sebagai radioimunoterapi (RIT), dimana radiolantanida ^{177}Lu dikonjugasikan ke antibodi yang selektif terhadap jaringan tertentu sehingga peluruhan dari radiolantanida tersebut dapat dimanfaatkan untuk menghancurkan atau merusak jaringan sel kanker (efek sitotoksik) [2]. ^{177}Lu merupakan pemancar beta dengan energi maksimum pada 421 KeV dan 133 KeV meluruh menjadi radionuklida stabil ^{177}Hf serta memiliki waktu paruh 6,71 hari [3].

^{177}Lu juga mengemisi gamma pada tingkat energi 113 keV (6,4%) dan 208 keV (11%). Lamanya waktu paruh ^{177}Lu memberikan keuntungan dalam persediaan logistik yang jauh dari reaktor. ^{169}Yb memiliki waktu paruh 32 hari dengan energi gamma maksimum 63 keV (44,2%) dan 198 keV (35,8%). ^{175}Yb memiliki waktu paruh 4,2 hari dengan energi maksimum 396 keV (6,4%) [4].

^{177}Lu diproduksi dengan dua cara [5] yakni cara pertama dengan iradiasi target alam Lu_2O_3 (^{176}Lu 2,6%) atau target Lu_2O_3 yang diperkaya ^{176}Lu . Cara kedua dengan iradiasi target Yb (Yb_2O_3) diikuti dengan pemisahan ^{177}Lu dari isotop Yb. Proses produksi ^{177}Lu ditunjukkan pada Gambar 1.



Gbr 1. Diagram Proses Produksi ^{177}Lu [6]

Iradiasi Yb alam sebagai target memiliki kelebihan dalam efisiensi biaya karena Yb alam memiliki harga yang relatif lebih murah akan tetapi pada cara ini ^{177}Lu yang dihasilkan memiliki aktivitas yang kecil. Iradiasi dengan Yb diperkaya sebagai target, dalam segi biaya memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan dengan Yb alam tetapi dapat menghasilkan ^{177}Lu dengan aktivitas lebih tinggi.

Spektrometer gamma adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan mengidentifikasi zat-zat radioaktif pemancar sinar gamma dengan cara mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi zat-zat radioaktif tersebut dengan materi detektor. Spektrometer gamma terdiri dari detektor semikonduktor, sumber tegangan tinggi (*high voltage supply*), penguat awal (*preamplifier*), *analog to digital converter* (ADC) dan analisis salur ganda atau *Multi Channel Pulse-Hight Analyzer* (MCA). MCA digunakan untuk mengukur distribusi energi (spektrum energi) dari iradiasi yang masuk.

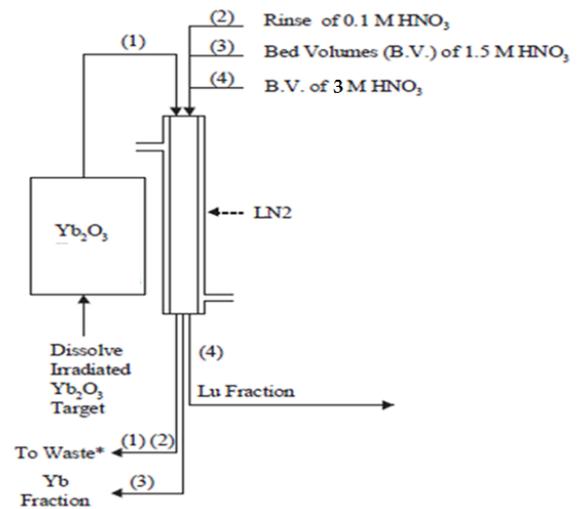
Pada penelitian ini dilakukan identifikasi radionuklida hasil iradisi Yb_2O_3 alam menggunakan Spektrometer gamma. $^{176}\text{Yb}_2\text{O}_3$ ini adalah *bulk* untuk produksi ^{177}Lu secara tidak langsung. Proses produksi ^{177}Lu secara tidak langsung menghasilkan ^{169}Yb dan ^{175}Yb sebagai pengotor, oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan agar didapat ^{177}Lu yang murni dan bebas dari isotop Yb sehingga dapat diaplikasikan untuk memenuhi kebutuhan radioisotop ^{177}Lu untuk radioterapi.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan target $^{176}\text{Yb}_2\text{O}_3$ alam (E. Merck), resin Lantanida (Resin LN) ukuran 50-100 μm (Eichrom), aquabides steril, HCl 37% dan HNO_3 65% (E. Merck). Ampul iradiasi sasaran yang digunakan adalah tabung kuarsa dan kapsul iradiasi (*inner capsule* dan *outer capsule*) dari bahan aluminium. Kolom kromatografi untuk proses fraksinasi berupa kolom berpemanas dengan panjang 20 cm dan diameter dalam 4,72 mm dengan bahan gelas yang dihubungkan dengan selang, pompa dan *waterbath*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Gamma Ionization Chamber (GIC) ATOMLAB 100^{Plus}* by

BIODEX untuk pengukuran aktivitas, perangkat Spektrometer gamma *X-Cooler with HPGe Detector* untuk identifikasi radionuklida hasil fraksinasi.



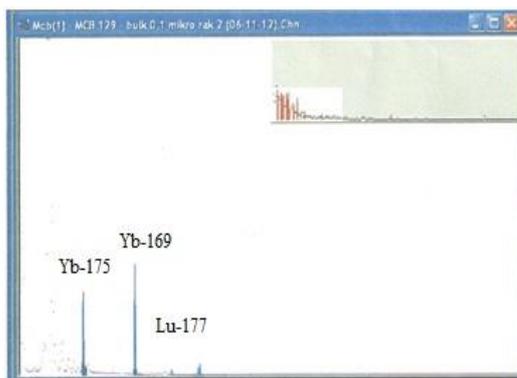
Gbr 2. Proses Elusi Dalam Kolom Resin LN [7]

Sebanyak 10 mg Yb_2O_3 alam ditimbang dan dimasukkan ke dalam ampul kuarsa kemudian ditutup dengan teknik pengelasan. Ampul kemudian dimasukan kedalam kapsul iradiasi (*inner capsule* dan *outer capsule*) yang masing-masing ditutup dengan teknik pengelasan. Kapsul kemudian diuji kebocorannya dengan cara uji gelembung (*bubble test*). Selanjutnya target diiradiasi di dalam fasilitas *Central Irradiation Position* (CIP) reaktor G.A. Siwabessy selama 3 hari. Target paska iradiasi setelah dilakukan proses pemotongan kapsul dan ampul di dalam *hotcell* dipindah ke dalam bejana gelas 100 mL dan dilarutkan dengan larutan HCl pekat sebanyak 2 mL dan dipanaskan sampai kisas, kemudian residunya dilarutkan dalam HCl 32 % 0,1 M hingga larutan tidak berwarna. Eluen untuk pemisahan ^{177}Lu menggunakan larutan HNO_3 65% dibuat dengan konsentrasi 1,5 M ; 2 M dan 3 M. Eluen ini digunakan untuk fraksinasi. Resin LN produk Eichrom ditimbang sebanyak 1 gram kemudian dimasukkan ke dalam bejana gelas dan dicuci dengan HNO_3 0,1 M. Resin yang sudah dicuci dipanaskan pada suhu 50°C selama 2,5 jam

menggunakan *waterbath* [7]. Setelah dipanaskan, resin dimasukkan ke dalam kolom kromatografi sepanjang 5 cm dan dijaga tetap basah sepanjang malam sampai target siap *diloaded*. Kolom kromatografi yang sudah diisi resin LN dihubungkan dengan *waterbath*, pompa, selang dan dijaga kondisinya 50 °C selama proses. Sebanyak 223 mCi/5 mL target dimasukkan ke dalam kolom kromatografi. Kolom didiamkan semalam kemudian dilanjutkan dengan proses fraksinasi. Pengukuran aktivitas *bulk* sebelum *diloaded* dan hasil fraksinasi menggunakan *Gamma Ionization Chamber* (GIC) pada dial ¹⁷⁷Lu yaitu 105. Analisis radionuklida dilakukan dengan menggunakan Spektrometer gamma, dengan cara menyuplik 0,1 µL sampel dan menotolkannya pada kertas saring, kemudian mengeringkan dan mencacahnya dengan Spektrometer gamma selama 300 detik [8].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi radionuklida pertama kali dilakukan pada *bulk* Yb₂O₃ alam paska iradiasi. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr 3. Hasil Spektrometer Gamma *Bulk* Yb₂O₃ alam paska iradiasi

Dari hasil Spektrometer gamma *bulk* terlihat adanya campuran ¹⁷⁷Lu dengan berbagai isotop dari Yb pada berbagai energi. Isotop Yb yang teridentifikasi adalah ¹⁶⁹Yb yang mempunyai energi 198 keV dan ¹⁷⁵Yb yang mempunyai energi 396 keV.

¹⁷⁵Yb merupakan radioisotop dengan energi yang paling dekat dengan ¹⁷⁷Lu sehingga dapat mengganggu kemurnian ¹⁷⁷Lu. ¹⁶⁹Yb adalah isotop Yb yang mempunyai waktu paruh paling lama yaitu 32 hari. Kandungan ¹⁷⁷Lu pada *bulk* Yb₂O₃ hasil iradiasi adalah 19,28 %. Kelimpahan Yb alam hanya 12,7 % dan tampang lintang ¹⁷⁶Yb juga kecil 2,85 barn sehingga jumlah ¹⁷⁷Lu yang dihasilkan juga kecil. Untuk melakukan pemisahan Lu dan Yb dilakukan dengan cara fraksinasi teknik gravitasi normal. Hasil yang didapat setelah dilakukan fraksinasi dengan volume masing-masing HNO₃ 1,5 M sebanyak 50 mL, dilanjutkan menggunakan 50 mL HNO₃ 3 M sebanyak 3 kali, dan HNO₃ 2 M volume 50 mL, ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut :

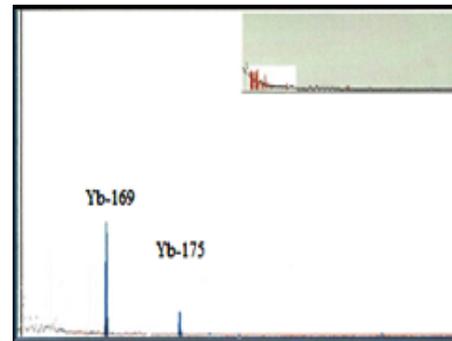
Tabel 1. Hasil Analisis Menggunakan GIC dan Spektrometer Gamma

No	Eluen HNO ₃ yang digunakan	Aktivitas dengan GIC (mCi/50mL)	Hasil spektrum dari Spektrometer gamma	Jumlah count cacahan hasil Spektrometer gamma	Persen Yb dan Lu yang terelusi
1	fraksi 1 (eluent 1,5M)	0,785	Background	-	-
2	fraksi 2 (eluent 2 M)	102,500	Isotop Yb sudah keluar pada energi 198 keV dan 396 keV (puncak Yb)	¹⁶⁹ Yb = 1414 ¹⁷⁵ Yb = 2424	¹⁶⁹ Yb = 40,96% ¹⁷⁵ Yb = 44,62%
3	fraksi 3 (eluent 2 M)	50,320	Keluar campuran Yb dan Lu	¹⁶⁹ Yb = 1267 ¹⁷⁵ Yb = 1908 ¹⁷⁷ Lu = 136	¹⁶⁹ Yb = 36,70% ¹⁷⁵ Yb = 35,13% ¹⁷⁷ Lu = 7,94%
4	fraksi 4 (eluent 2 M)	32,540	Keluar campuran Yb dan Lu namun terjadi penurunan cacahan	¹⁶⁹ Yb = 683 ¹⁷⁵ Yb = 1001 ¹⁷⁷ Lu = 722	¹⁶⁹ Yb = 19,78% ¹⁷⁵ Yb = 18,43% ¹⁷⁷ Lu = 42,15%
5	fraksi 5 (eluent 3 M)	21,300	Isotop Lu pada energi 208 keV (puncak Lu)	¹⁷⁷ Lu = 754	¹⁷⁷ Lu = 44,02%

Hasil fraksinasi pada fraksi 1 dengan eluen HNO₃ 1,5 M, ¹⁷⁷Lu maupun isotop Yb belum terelusi, dari hasil spetrometer gamma hanya terlihat *background*. Fraksi 2, 3 dan 4 elusi menggunakan eluen HNO₃ 2 M, isotop Yb sudah mulai keluar. Pada fraksi 2 hanya isotop Yb yang terelusi keluar yaitu terlihat pada spektrum adanya puncak pada energi 198 keV yaitu energi isotop ¹⁶⁹Yb dan puncak pada energi 396 keV yaitu energi isotop ¹⁷⁵Yb. Karena pada fraksi 2 hanya keluar energi Yb maka fraksi 2 disebut sebagai puncak Yb. Aktivitas total pada fraksi 2 setelah diukur dengan *Dose calibrator* adalah 102,5 mCi/50 mL, dengan persentasi Yb dan Lu yang terelusi adalah ¹⁶⁹Yb = 40,96% dan ¹⁷⁵Yb = 44,62%. Fraksi 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



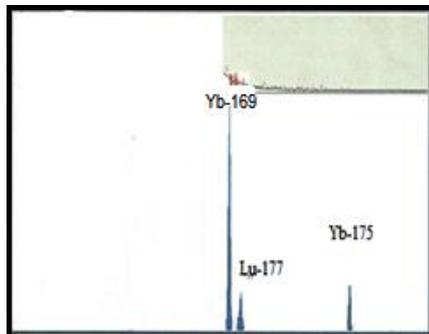
Gbr 4. Hasil Spektrometer Gamma Fraksi 1



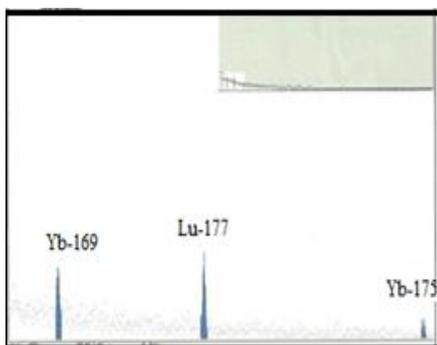
Gbr 5. Hasil Spektrometer Gamma Fraksi 2

Fraksinasi tetap dilanjutkan menggunakan eluen HNO₃ 2 M pada fraksi 3 dan fraksi 4 karena masih terdapat radionuklida yang tersisa pada kolom. Hasil Spektrometer gamma pada fraksi 3 terlihat munculnya campuran Yb dan Lu, terdeteksi adanya puncak pada energi 198 keV (¹⁶⁹Yb), 396 keV (¹⁷⁵Yb) dan 208 keV (¹⁷⁷Lu). Aktivitas total fraksi 3 setelah diukur dengan *Dose calibrator* adalah 50,320 mCi/50 mL, dengan persentasi Yb dan Lu yang terelusi adalah ¹⁶⁹Yb = 36,70%; ¹⁷⁵Yb = 35,13%; ¹⁷⁷Lu = 7,94%. Pada fraksi 4 juga masih terlihat adanya campuran isotop Yb dan Lu yang keluar namun terjadi penurunan intensitas ¹⁶⁹Yb dan ¹⁷⁵Yb. Aktivitas total fraksi 4 setelah diukur menggunakan *Dose calibrator* adalah 32,540 mCi/50 mL, dengan persentasi Yb

dan Lu yang terelusi adalah $^{169}\text{Yb} = 19,78\%$; $^{175}\text{Yb} = 18,43\%$; $^{177}\text{Lu} = 42,15\%$. Fraksi 3 dan fraksi 4 ini adalah fraksi campuran Lu dan Yb. Hasil Spektrometer gamma fraksi 3 dan 4 dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

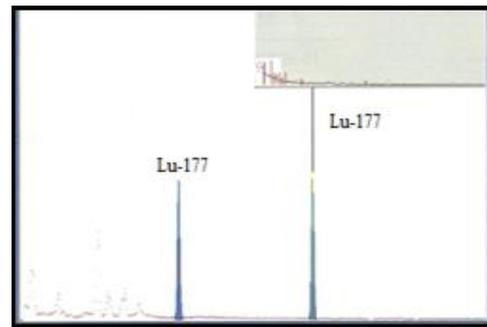


Gbr 6. Hasil Spektrometer Gamma Fraksi 3



Gbr 7. Hasil Spektrometer Gamma Fraksi 4

Pada fraksi 5, dilakukan fraksinasi dengan mengganti *eluen* menggunakan HNO_3 3 M sebanyak 50 mL, hasil yang didapat pada analisis dengan Spektrometer gamma hanya terlihat puncak ^{177}Lu , dengan energi gamma 208 keV. Namun aktivitasnya kecil yaitu 21,300 mCi/50 mL. Pada fraksi 5 ini ^{177}Lu terelusi 44,02%. Hasil Spektrometri gamma fraksi 5 dapat dilihat pada Gambar 8. Dari hasil fraksinasi yang didapat, radionuklida Yb dapat keluar dari kolom kromatografi pada konsentrasi HNO_3 rendah yaitu HNO_3 2 M sedangkan Lu keluar pada konsentrasi HNO_3 lebih tinggi yaitu HNO_3 3 M.



Gbr 8. Hasil Spektrometer Gamma Fraksi 5

Hasil pemisahan ^{177}Lu dari ^{175}Yb dan ^{169}Yb hasil iradiasi Yb_2O_3 alam belum sempurna didapatkan, aktivitas ^{177}Lu yang bebas dari isotop Yb masih sangat kecil. Pemisahan Lu dengan Yb memiliki kendala tersendiri, hal ini Karena Lu dan Yb sama-sama merupakan ion trivalen sehingga kekuatan ikatnya hampir sama dan menyebabkan faktor pemisahan (α) sangat kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa *bulk* Yb_2O_3 hasil iradiasi mengandung isotop ^{177}Lu , ^{169}Yb , dan ^{175}Yb . Kandungan isotop ^{177}Lu pada Yb_2O_3 paska iradiasi adalah sebesar 19,28%. Lu telah berhasil diperoleh dalam keadaan murni melalui pemisahan metode kromatografi dengan eluen HNO_3 3 M namun rendemennya masih kecil yaitu 44,02%.

DAFTAR PUSTAKA

1. E.P. Horwitz, D.R. McAlister, A.H. Bond, R.E. Barrans, and J.M. Williamson, "A Process for the Separation of ^{177}Lu from Neutron Irradiated ^{176}Yb Targets", Applied Radiation and Isotopes, Vol. 63, No. 1, 2005, 23–36.
2. Rhona Stein, Serengulam V. Govindan, Susan Chen, Linda Reed, Heidi Richel, Gary L. Griffiths, Hans J. Hansen and David M. Goldenberg, "Radioimmunotherapy of a Human Lung

- Cancer Xenograft with Monoclonal Antibody RS7: Evaluation of ^{177}Lu and Comparison of Its Efficacy with That of ^{90}Y and Residualizing ^{131}I ", *J. Nucl. Med.*, Vol. 42, No. 6, 2001, 967-974.
3. Laura E. Lantry, Enrico Cappelletti, Mary Ellen Maddalena, Jaclyn S. Fox, Weiwei Feng, Jianqing Chen, Regi Thomas, Stephen M. Eaton, Nancy J. Bogdan, Thangavel Arunachalam, Jean Claude Reubi, Natarajan Raju, Edmund C. Metcalfe, Luciano Lattuada, Karen E. Linder, Rolf E. Swenson, Michael F. Tweedle and Adrian D, " ^{177}Lu -AMBA : Synthesis and Characterization of a Selective ^{177}Lu -Labeled GRP-R Agonist for Systemic Radiotherapy of Prostate Cancer", *J. Nucl. Med.*, Vol. 47, No. 7, 2006, 1144-1152.
 4. S.M. Qaim, "Therapeutic radionuclides and nuclear data", *Radiochim. Acta*, 89, 2001, 297-302.
 5. A.R. Ketring, G.J. Ehrhardt, M.F. Embree, K.D. Bailey, T.T. Tyler, J.A. Gawenis, S.S. Jurisson, H.P. Engelbrecht, C.J. Smith and C.S. Cutler, "Production and Supply of High Specific Activity Radioisotopes for Radiotherapy Applications", *Alasbimn Journal*, Vol. 5, No. 19, 2003.
 6. Saed Mirzadeh, Miting Du, Arnold L. Beets, and Furn F. Knapp, Jr, "Method For Preparing High Specific Activity ^{177}Lu ", United States Patent, US 6, 716, 353, Apr.6, 2004.
 7. Giovana Pasqualini da Silva, and João Alberto Osso Junior, "Study Of The Production Of ^{177}Lu Through ^{176}Yb (n, γ) $^{177}\text{Yb} \rightarrow ^{177}\text{Lu}$ Nuclear Reaction", International Nuclear Atlantic Conference-INAC Santos, SP, Brazil, September 30 to October 5, 2007.
 8. Triani W., Endang S., Sriyono, Umi NS., Triyanto, Sunarhadijoso S, "Pemisahan Radioisotop ^{177}Lu Dari Matrik Target Yb Alam Berbasis Reaksi Nuklir ^{176}Yb (n, γ) $^{177}\text{Yb} \rightarrow ^{177}\text{Lu} + \beta$ ", Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia IV (SN-KPK IV) Peran Riset dan Pembelajaran Kimia dalam Peningkatan Kompetensi Profesional, Solo, 31 Maret 2012.
 9. Umi Nur Sholikhah, Triani Widyaningrum, Endang Sarmini, Triyanto, Hambali, Sunarhadijoso S, "Pembuatan Radioisotop Medis Lu-177 dari Yb_2O_3 Diperkaya", Prosiding Seminar Nasional VIII SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 31 Oktober 2012, ISSN 1978-0176.
 10. Umi Nur Sholikhah, Triani W., Sunarhadijoso S., Endang S., Triyanto, "Studi Awal Pemisahan Radionuklida ^{177}Lu Bebas Pengemban dari Sasaran Target Iradiasi Yb Alam", Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia 2013, Solo 23 Mei 2013, ISSN 2088-9828.