
PERBANDINGAN UNJUK KERJA POLY ZIRCONIUM COMPOUND (PZC) DARI KAKEN DENGAN POLIMER BERBASIS ZIRKONIUM (PBZ) DARI PTRR UNTUK KOLOM GENERATOR $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$

Kadarisman, Endang Sarmini

Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, 15314
e-mail: kadarisman_w@yahoo.com

(Naskah diterima: 23-04-2014, disetujui: 22-05-2014)

ABSTRAK

PERBANDINGAN UNJUK KERJA POLY ZIRCONIUM COMPOUND (PZC) DARI KAKEN DENGAN POLIMER BERBASIS ZIRKONIUM (PBZ) DARI PTRR UNTUK KOLOM GENERATOR $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$. Generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ menghasilkan radioisotop ^{99m}Tc yang merupakan radioisotop medis utama yang digunakan untuk diagnosis di bidang kedokteran nuklir. Lima (5) buah reaktor nuklir di dunia penghasil utama radioisotop ^{99}Mo (radioisotop induk ^{99m}Tc) dari fisi uranium mengalami gangguan serius, demikian juga produksi radioisotop medis ^{99m}Tc . Karena itu proses produksi radioisotop induk ^{99}Mo menggunakan metode aktivasi neutron dari target molibdenum dilakukan. Radioisotop ^{99}Mo hasil aktivasi neutron ini mempunyai radioaktivitas jenis rendah, sehingga tidak cocok menggunakan kolom alumina yang kapasitas serapnya terhadap molibdenum kecil (± 2 mg Mo/g Al). Sebagai alternatif digunakan senyawa polimer zirconium yang mempunyai kapasitas serap tinggi (270 mg/g). Penelitian ini membahas perbandingan unjuk kerja *Poly Zirconium Compound (PZC)* yang dihasilkan oleh Kaken, Co. Jepang dan matrik Polimer Berbasis Zirconium (PBZ) hasil sintesis PTRR, BATAN. Penelitian ini menetapkan kapasitas serap, efisiensi penyerapan, pengotor ^{99}Mo , efisiensi pemisahan ^{99m}Tc dan profil elusi. Hasil unjuk kerja PZC untuk parameter parameter tersebut di atas masing masing 210,62 mg/g, 77,4%, 0,0187 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ dan 0,0132 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$, 276,35 mCi (86,15%). Sedangkan untuk PBZ masing masing 188,81 mg/g, 79,33%, 0,2337 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ dan 31,5615 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$, 43,39 mCi (67,90%). Profil elusi ^{99m}Tc dari PZC dan PBZ hampir mirip, bahwa tingkat radioaktivitas ^{99m}Tc di peroleh sebelum volume eluen mencapai 10 mL.

Kata kunci: Polimer zirconium, ^{99}Mo , ^{99m}Tc , kolom generator

ABSTRACT

PERFORMANCE COMPARISON OF POLY ZIRCONIUM COMPOUND (PZC) KAKEN WITH POLYMER BASED ZIRCONIUM (PBZ) FROM PTRR FOR $^{99}\text{MO}/^{99m}\text{TC}$ GENERATOR COLUMN. $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ generator produce radioisotopes ^{99m}Tc which is a major medical on the world radioisotopes are used for diagnosis in the field of nuclear medicine. Five (5) of a nuclear

reactor in the world producing radioisotopes ^{99}Mo main (parent of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ radioisotope) from uranium fission seriously impaired, as well as the production of medical radioisotopes $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Because the parent radioisotope ^{99}Mo production process using neutron activation method from molybdenum targets do. Radioisotope ^{99}Mo from neutron activation results this has kind of low radioactivity, so it is not appropriate to use the alumina column, because the absorption capacity of molybdenum small ($\text{Mo} \pm 2 \text{ mg /g Al}$). As an alternative use of zirconium polymer compound having a high absorption capacity (270 mg/g). This study discusses the performance comparison Poly Zirconium Compound (PZC) by Kaken Co. Japan and Polymer Based Zirconium (PBZ) synthesized by PTRR, BATAN. This study establishes absorption capacity, absorption efficiency, impurity ^{99}Mo , separation efficiency of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and of the elution profile. Results study, PZC performance parameters for the aforementioned 210.62 mg/g, 77.4%, 0.0187 $\mu\text{Ci/mCi}$ and 0.0132 $\mu\text{Ci/mCi}$, 276.35 mCi (86.15%), respectively. As for PBZ, 188.81 mg/g, 79.33%, 0.2337 $\mu\text{Ci/mCi}$ and 31.5615 $\mu\text{Ci/mCi}$, 43.39 mCi (67.90%). $^{99\text{m}}\text{Tc}$ elution profile of the PZC and PBZ almost similar, that $^{99\text{m}}\text{Tc}$ radioactivity levels obtained before the eluent volume reached 10 mL.

Keywords : polymer zirconium, ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, generator column.

PENDAHULUAN

Generator $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ menghasilkan radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ yang merupakan radioisotop utama yang digunakan untuk diagnosis di bidang kesehatan. Di seluruh dunia, ada sekitar 30 juta prosedur diagnosis dan di antaranya 10 juta prosedur diagnosis pada pasien berbasis $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ^[1,2]

Lima buah reaktor nuklir, yaitu: *High Flux Reactor (HFR)* di Petten, Belanda, Reaktor Riset Br2 di Belgia, Reaktor OSIRIS di Prancis, Reaktor NRU di Kanada dan reaktor SAFARI di Afrika Selatan penghasil utama radioisotop ^{99}Mo (radioisotop induk $^{99\text{m}}\text{Tc}$) di dunia dari hasil fisi uranium, telah menjalani perawatan dan harus berhenti beroperasi, oleh sebab itu proses produksi dan distribusi radioisotop ^{99}Mo di dunia mengalami gangguan serius, demikian juga radioisotop medis $^{99\text{m}}\text{Tc}$.^[3,4] Karena itu, harus dicari penyelesaian masalah ini, yaitu dengan melakukan proses produksi radioisotop ^{99}Mo menggunakan metode aktivasi neutron dengan target molibdenum.

Produksi langsung dari reaktor untuk radioisotop ^{99}Mo dengan radioaktivitas jenis rendah dari iradiasi bahan sasaran ^{98}Mo diperkaya belum memadai. Banyak

reaktor riset yang dapat digunakan untuk proses produksi radioisotop ^{99}Mo radioaktivitas jenis rendah dan reaktor itu telah tersedia di seluruh dunia, seperti yang dirangkum dalam data base IAEA^[3], berbeda dengan terbatasnya jumlah reaktor nuklir yang sudah biasa digunakan untuk proses produksi ^{99}Mo dari hasil fisi dengan radioaktivitas jenis tinggi saat ini. Sejumlah strategi yang efektif terus diusahakan untuk penggunaan ^{99}Mo radioaktivitas jenis rendah yang dapat menghasilkan radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ untuk preparasi sediaan radiofarmaka $^{99\text{m}}\text{Tc}$ untuk penggunaan klinis.

Ada sekitar 251 reaktor riset saat ini beroperasi di seluruh dunia yang dapat merupakan penghasil ^{99}Mo alternatif. Namun radioaktivitas jenis ^{99}Mo yang dihasilkan dari reaksi aktivasi ini rendah. Radioaktivitas jenis ^{99}Mo yang rendah ini tidak cocok untuk dipisahkan di dalam kolom generator berbasis alumina tradisional karena kapasitasnya terhadap Mo terlalu kecil, sehingga jumlah Mo yang diperlukan tinggi. Oleh sebab itu, beberapa metode yang efektif yang tersedia memungkinkan penggunaan ^{99}Mo radioaktivitas jenis rendah untuk mendapatkan $^{99\text{m}}\text{Tc}$ yang dapat

digunakan untuk klinis, di antaranya digunakan kolom generator radioisotop $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ berbasis senyawa polimer zirkonium. Dalam makalah ini dibahas perbandingan unjuk kerja dari Poly Zirconium Compound (PZC) yang dihasilkan oleh Kaken, Co. Jepang dan matrik Polimer Berbasis Zirkonium (PBZ) hasil sintesis PTRR, BATAN. Sebelumnya telah dilakukan percobaan untuk mengetahui unjuk kerja kolom generator senyawa polimer zirkonium^[4,5,6,7].

TATA KERJA

Bahan dan peralatan

Bahan kimia yang digunakan adalah PZC tanpa dilapis Tetra Etil Orto Silikon (TEOS) yang diperoleh dari Kaken Co., Jepang dan PBZ yang dilapis dengan TEOS dari Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka (PTRR) dengan berbagai perlakuan, bahan sasaran molibdenum tri oksida (MoO_3) alam dari Fluka, larutan salin (NaCl 0,9%) dan akuabides dari IPHA, serbuk alumina aktif untuk kolom kromatografi, sedangkan NaOH pelet, HCl pekat dan NaOCl dari Merck. Bahan penunjang yang digunakan antara lain: penyaring Millex-FG 0,22 μm dari Millipore, Carrigtwool Co., jarum suntik (Syringe) 5 dan 10 ml dari Terumo Philippines, gelas filter dari Fisher Scientific, kertas pH universal dengan pH dari 1 s/d 14 dari Merck. Kolom gelas PZC yang dilengkapi dengan fritz ($p = 10$ cm dan $\phi = 1,5$ cm) dan kolom gelas untuk alumina aktif ($p = 5$ cm dan $\phi = 1,5$ cm) dirancang dan dipabrikasi oleh pemasok lokal.

Percobaan yang menggunakan Dose Calibrator (ATOMLABTM 100 plus) dan seperangkat spektrometer sinar gamma (γ) yang dilengkapi dengan analisator saluran ganda model Canberra 1000 dan detektor Germanium kemurnian tinggi (HP-Ge) dari Canberra Industries Inc. yang telah dikalibrasi menggunakan sumber standar

pemancar gamma campuran Cs-137 (661,64 KeV), Co-60 (1173,23 KeV dan 1332,51 KeV) dan Ba-133 (302,85 KeV dan 356,01 KeV) dari PTKMR-BATAN serta perangkat lunak MCA Gennie 2000 VDM. Pipet Eppendorf dengan kapasitas 5 μL digunakan untuk pengambilan cuplikan yang akan diperiksa dengan spektrometer gamma.

Pelarutan MoO_3 teriradiasi

Tabung kuarsa yang berisi target MoO_3 alam hasil iradiasi, lalu dipotong bagian atasnya menggunakan "pisau pemotong". Target MoO_3 alam teriradiasi dimasukkan ke dalam bejana gelas yang bersih. Kemudian sebanyak 15 s/d 30 ml NaOH 6M ditambahkan ke dalam bejana yang berisi MoO_3 tersebut, selanjutnya diaduk di atas *hot plate* dan sampai larut sempurna. Setelah larut sempurna pH larutan MoO_3 diatur sampai menjadi pH 7 menggunakan HCl 4M dan diencerkan menggunakan akuabides sampai volumenya menjadi 40 s/d 50 mL (larutan stok ^{99}Mo). Sebanyak 10 mL larutan stok ^{99}Mo dimasukkan di dalam vial 10 mL dan dimasukkan lagi ke dalam wadah aluminium dan dicacah radioaktivitasnya dengan menggunakan *Dose Calibrator*, dicatat radioaktivitas ^{99}Mo , jam dan tanggal pencacahan.

Preparasi kolom alumina

Sebanyak 1,0 s/d 1,5 gram serbuk alumina aktif dimasukkan ke dalam bejana gelas 25 mL, lalu ditambahkan 10 ml larutan salin (NaCl 0,9%) kemudian diaduk beberapa saat. Alumina yang telah dicuci dimasukkan ke dalam kolom gelas.

Preparasi kolom Mo-PZC

Sebanyak 18,45 mL dan 26,39 mL larutan Stok ^{99}Mo dengan radioaktivitas 600

mCi dan 800 mCi dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml dan ditutup. Kemudian ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan stok ^{99}Mo tersebut dimasukkan sejumlah 4,23 gr dan 4,70 gr PZC (sesuai kapasitas serap PZC terhadap molibdenum kira-kira 272 mg/g). Selanjutnya campuran digoyang-goyang sampai serbuk PZC terendam semua ke dalam larutan stok ^{99}Mo . Prosedur di atas diulang untuk percobaan menggunakan PBZ (Polimer Berbasis Zirkonium). Kemudian, erlenmeyer yang berisi campuran Mo-PZC atau Mo-PBZ dimasukkan ke dalam penangas-air pada suhu 90°C selama 3 jam. Digoyang beberapa saat dalam waktu 15 menit. Selanjutnya didiamkan beberapa saat sampai padatan dan cairan terpisah sempurna. Setelah selesai proses pencampuran, lalu campuran Mo-PZC atau Mo-PBZ didekantasi dan supernatan ^{99}Mo ditampung dalam botol polietilen 100 mL. Kemudian padatan Mo-PZC/Mo-PBZ dicuci dengan 40 ml akuabides steril, diamkan hingga padatan halus terpisah dengan larutannya, lalu campuran didekantasi lagi dan supernatan ^{99}Mo disatukan ke dalam botol polietilen 100 ml di atas, supernatan diencerkan dengan akuabides sampai dengan volume 100 mL.

Sebanyak 10 mL supernatan ^{99}Mo dimasukan ke dalam vial 10 mL, selanjutnya diukur radioaktivitas ^{99}Mo dengan *Dose Calibrator*. (Dicatat radioaktivitas ^{99}Mo (mCi), tanggal dan jam pencacahan). Padatan Mo-PZC/Mo-PBZ dimasukkan ke dalam kolom gelas berfritz di bagian bawahnya, dan di atas fritz diletakkan penyaring gelas dengan pori-pori $0,22\ \mu\text{m}$ dan bagian atas ditutup dengan *glass wool* secukupnya. Kolom gelas ditutup dengan septa karet dan selanjutnya dielusi menggunakan 5 ml larutan NaOCl 0,5%. Eluat ditampung di dalam vial vakum 10 mL, kemudian dicacah menggunakan *Dose Calibrator*, (dicatat radioaktivitas ^{99}Mo , hari, tanggal dan jam pencacahan). Kemudian kolom gelas yang berisi Mo-PZC/Mo-PBZ dielusi menggu-

nakan 10 ml larutan salin. Eluat ditampung di dalam vial vakum 10 mL, lalu dicacah dengan *Dose Calibrator* (Dicatat radioaktivitas ^{99}Mo , hari, tanggal dan jam pencacahan). Kemudian kolom gelas yang berisi pasta Mo-PZC/Mo-PBZ dihubungkan dengan kolom alumina (preparasi bagian 2.3), kemudian di diamkan selama kira-kira 24 jam.

Elusi radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$

Elusi radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ di dalam kolom^[2,4] dengan cara menghubungkan kolom tersebut dengan vial yang berisi 10 mL larutan salin. Kemudian vial 3 mL dalam keadaan vakum disambung dengan kolom PZC atau PBZ melalui jarum, dan eluat yang mengandung $^{99\text{m}}\text{Tc}$ masing-masing ditampung sebanyak 1 mL hingga 10 buah vial (untuk kolom PZC dan 20 mL (untuk kolom PBZ). Kemudian vial 1 s/d 10 masing-masing dicacah dengan *Dose Calibrator*. (Catat radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$, hari, tanggal dan jam pencacahan). Selanjutnya vial 1 s/d 10 digabungkan menjadi satu ke dalam vial 10 mL. Kemudian dimasukkan ke dalam kontainer yang telah disediakan dan dicacah dengan menggunakan spektrometer gamma (dilakukan 3 kali pengulangan). Kemudian dihitung konsentrasi radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (mCi), penetapan profil elusi $^{99\text{m}}\text{Tc}$, *yield* $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (%) dan lolosan ^{99}Mo dalam $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($\mu\text{Ci}/\text{mCi}$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada percobaan ini kolom generator radioisotop $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ masing masing diisi dengan bahan polimer zirconium yang berbeda, yaitu satu jenis kolom yang diisi dengan Poly Zirconium Compound (PZC) hasil produksi Kaken Co., Jepang dan kolom lainnya diisi dengan Polimer Berbasis Zirkonium PBZ yang disintesis oleh Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PTRR) BATAN.

Efisiensi penyerapan ^{99}Mo ke dalam PZC dan PBZ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut; sebagai contoh untuk kolom generator radioisotop $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ yang berisi PZC Kaken dicampur dengan ^{99}Mo dengan radioaktivitas awal sebesar 600 mCi. Dari pengukuran radioaktivitas supernatan (eluat NaOCl dan salin), jumlah total ^{99}Mo yang tidak terserap sebanyak 68,180 mCi pada saat kalibrasi, sehingga radioisotop ^{99}Mo terserap dalam kolom PZC adalah sebesar 531,82 mCi. Efisiensi penyerapan dapat dihitung dari radioaktivitas ^{99}Mo awal dikurangi dengan radioaktivitas ^{99}Mo terserap (531,82 mCi) dibagi dengan radioaktivitas ^{99}Mo awal (600 mCi) dikalikan 100%. Jumlah MoO_3 yang diirradiasi sebesar 2,684 g dengan radioaktivitas sebesar 943,08 mCi, sehingga dapat dihitung radioaktivitas jenis radioisotop ^{99}Mo adalah sebesar 351,37 mCi/g Mo, sehingga

molibdenum yang terserap dalam PZC KAKEN dapat dihitung, dan diperoleh kapasitas serap PZC terhadap molibdenum alam, yaitu radioisotop ^{99}Mo yang diserapkan semula sebesar 600 mCi (1,150 g molibdenum), yang terserap sebesar 531,82 mCi, sehingga molibdenum yang terserap dalam PZC = $(531,82/600) \times (1,150/4,23) \times 1000 \text{ mg Mo/g PZC} = 240,97 \text{ mg molibdenum/gram PZC}$ (Tabel1).

Hasil penyerapan PZC terhadap radioisotop ^{99}Mo menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan ^{99}Mo ke dalam PZC Kaken lebih tinggi dibanding dengan efisiensi penyerapan ^{99}Mo ke dalam PBZ PTRR. Demikian juga halnya dengan kapasitas serap PZC Kaken rata rata 210,62 mg/g sedangkan kapasitas serap PBZ PTRR hanya 188,81 mg/g (Tabel 1).

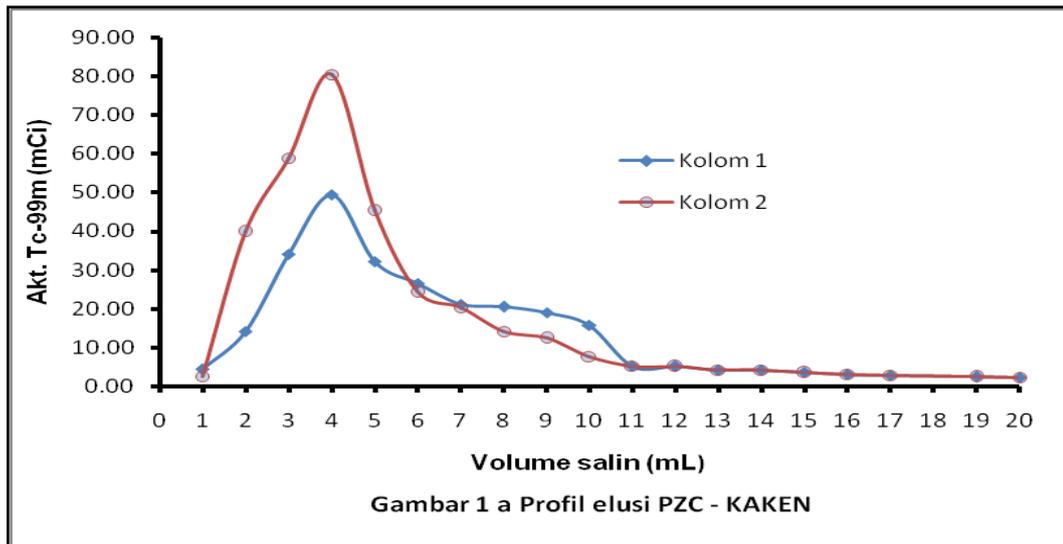
Tabel 1. Efisiensi dan kapasitas serap PZC dan PBZ terhadap radioisotop ^{99}Mo

No	Bahan	PZC/PBZ	^{99}Mo awal	^{99}Mo terserap	Efisiensi	Kapasitas serap
1	PZC Kaken Co.	4,23 g	600 mCi	532 mCi	88,6 %	240,97 mg/g
		4,70 g	800 mCi	530 mCi	66,2 %	180,27 mg/g
	Rata rata	4,65 g	700 mCi	531 mCi	77,4 %	210,62 mg/g
2	PBZ PTRR	1,00 g	85,90 mCi	69,00 mCi	80,33 %	191,18 mg/g
		1,00 g	108,90 mCi	85,30 mCi	78,33 %	186,43 mg/g
	Rata rata	1,00 g	97,40 mCi	77,15 mCi	79,33 %	188,81 mg/g

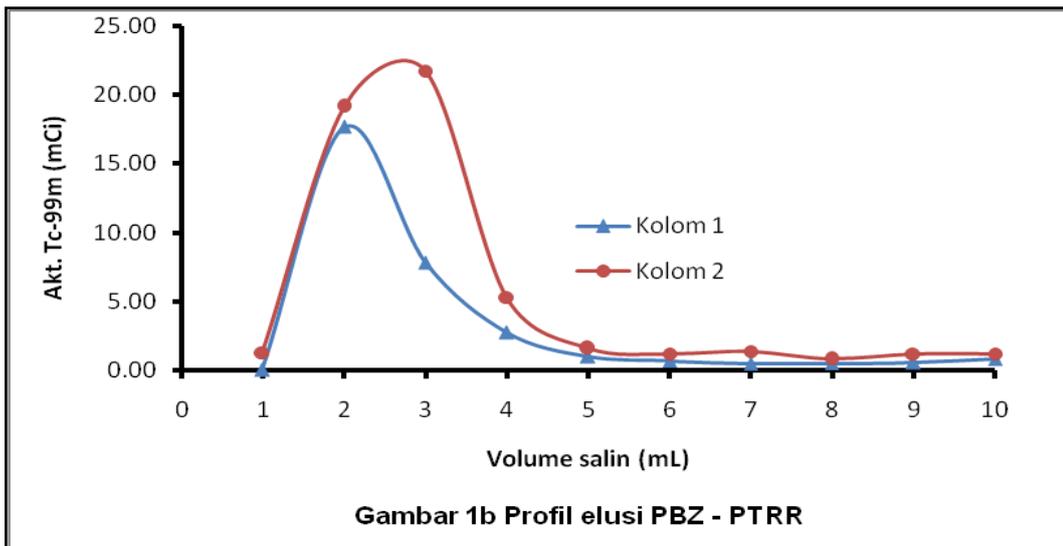
Hasil elusi radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$

Profil elusi radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ kolom generator $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ yang diisi dengan PZC dari KAKEN menunjukkan bahwa radioaktivitas tertinggi $^{99\text{m}}\text{Tc}$ diperoleh pada fraksi ke 4 dari 20 x 1 mL, yaitu sebesar 49,40 mCi dan 80,40 mCi, masing masing kolom (kolom 01 dan 02). bahwa Radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ terelusi 83,2% dan 90,3% pada volume salin 10 mL (Gambar 1a). Profil elusi radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ kolom

generator $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ yang diisi dengan PBZ dari PTRR-BATAN yang dielusi dengan 10 x 1 mL menunjukkan bahwa radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$ tertinggi diperoleh pada fraksi ke 2 dan ke 3, masing masing sebesar 17,643 mCi dan 21,683 mCi, masing masing (kolom 01 dan 02). Radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ terelusi 92,4% dan 90,2% pada volume salin 8 mL (Gambar 1b).



Gambar 1 a Profil elusi PZC - KAKEN



Gambar 1b Profil elusi PBZ - PTRR

Gambar 1. Profil elusi , (a). PZC-KAKEN, dan (b). PBZ-PTRR

Hasil pemisahan radioisotop ^{99m}Tc dari masing masing kolom generator ⁹⁹Mo/^{99m}Tc (PZC KAKEN dan PBZ PTRR) dapat dihitung pada waktu tertentu. Hasil elusi diperoleh radioaktivitas ^{99m}Tc untuk kolom generator ⁹⁹Mo/^{99m}Tc PZC-KAKEN masing masing (2 buah kolom) sebesar 243,86 mCi dan 308,83 mCi dari induk

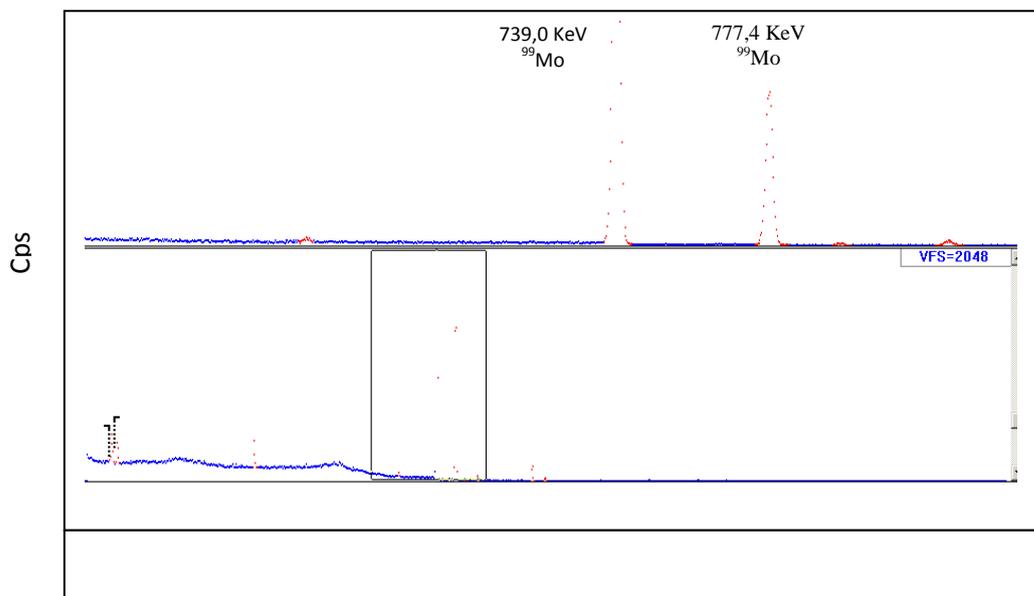
radioisotop ⁹⁹Mo yang terserap ke dalam kolom masing masing sebesar 532 mCi dan 530 mCi. Perhitungan yang sama dilakukan untuk masing masing (2 buah) kolom generator ⁹⁹Mo/^{99m}Tc yang diisi dengan PBZ PTRR, maka diperoleh hasil ^{99m}Tc masing masing sebesar 32,13 mCi dan 54,64 mCi (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil pemisahan radioisotop ^{99m}Tc dari kolom PZC KAKEN dan PBZ PTRR

No	Bahan	PZC/PBZ	⁹⁹ Mo /PZC atau PBZ	HASIL ^{99m} Tc
1	PZC Kaken Co.	4,23 g	600 mCi	243,86 mCi
		4,70 g	800 mCi	308,83 mCi
	Rata rata	4,65 g	700 mCi	276,35 mCi
2	PBZ PTRR	1,00 g	85,90 mCi	32,13 mCi
		1,00 g	108,90 mCi	54,64 mCi
	Rata rata	1,00 g	77,40 mCi	43,39 mCi

Hasil pemisahan radioisotop ^{99m}Tc dari kolom generator yang diisi dengan matriks PBZ PTRR lebih rendah (rata rata 43,39 mCi atau 67,90 %) sedangkan untuk kolom generator ⁹⁹Mo/^{99m}Tc yang diisi dengan PZC KAKEN rata rata 276,35 mCi atau 86,15%.

Pengotor radionuklida dari ^{99m}Tc adalah radioisotop ⁹⁹Mo yang ikut terelusi. Eluat ^{99m}Tc (produk radioisotop ^{99m}Tc) dicacah dengan spektrometer gamma dan diperoleh spektrum sinar gamma pada energy 739 KeV dan 777,4 KeV (Gambar 2), hal ini menunjukkan adanya pengotor radioisotop ⁹⁹Mo di dalam produk ^{99m}Tc.



Gambar 2. Spektrum gama pengotor ⁹⁹Mo dalam eluat ^{99m}Tc

Contoh perhitungan jumlah pengotor ⁹⁹Mo dalam eluat radioisotop ^{99m}Tc menggunakan percobaan kolom 1

(PBZ) dan elusi pada tanggal 16 Desember 2011, yang diperoleh data terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengukuran radioaktivitas ^{99}Mo dan $^{99\text{m}}\text{Tc}$ untuk perhitungan pengotor ^{99}Mo dalam eluat $^{99\text{m}}\text{Tc}$ menggunakan kolom PBZ

Parameter	Nilai	satuan	Ket.
Energi gamma ^{99}Mo	739,50	KeV	Energi utama
Intensitas energi gamma	0,13		
Efisiensi spektrometer gamma	0,00052400		
Waktu pencacahan	300	detik	
Luas puncak latar belakang	274	cacahan	Pada energi 739,50 KeV
Luas puncak ^{99}Mo	3136	cacahan	Pada 16 Desember 2011 jam: 14.46 dan energi 739,50 KeV
Radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$	17,66	mCi	16 Desember 2011, jam: 14.01

Dapat dihitung luas puncak ^{99}Mo pada energy 739,5 KeV, yaitu = 3136 – 274 cacahan = 2862 cacahan. Cacahan per detik (cps) = (2862/300) cps = 9,540 cps, sehingga diperoleh radioaktivitas ^{99}Mo saat pengukuran dengan Spektrometer Gamma; Radioaktivitas ^{99}Mo = {[9,540/(0,13 x 0,00052400)]}/37000 μCi = 3,78505 μCi . Radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$ saat pengukuran dengan sepektrometer Gamma (dengan perhitungan peluruhan radioaktif):

$$A_1 = A_0 E^{-\alpha \cdot t} \text{ dan } \alpha = 0.693/t_{1/2}$$

Keterangan:

A_1 = Radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$ saat pengukuran ^{99}Mo menggunakan spectrometer Gamma, 16 Desember 2011, jam 14.46

A_0 = Radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$ saat diukur menggunakan *Dose Calibrator (GIC)*, 16 Desember 2011, jam 14.01

t = selisih waktu antara pengukuran dengan *GIC* dan Spectrometer Gamma = 45 menit = 0,75 jam

$T_{1/2}$ = waktu paro $^{99\text{m}}\text{Tc}$ = 6,02 jam)

Diperoleh radioaktivitas $^{99\text{m}}\text{Tc}$ waktu pengukuran dengan Spektrometer Gamma (A_1) = 16,199 mCi. Akhirnya diperoleh kandungan pengotor radioisotop ^{99}Mo di dalam eluat $^{99\text{m}}\text{Tc}$ = 3,785/16,199 μCi $^{99}\text{Mo}/\text{mCi}$ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ = 0,2337 μCi $^{99}\text{Mo}/\text{mCi}$ $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Dengan perhitungan yang sama maka dapat diperoleh kandungan pengotor ^{99}Mo di dalam eluat $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (Tabel 4).

Tabel 4. Kandungan pengotor radionuklida ^{99}Mo di dalam eluat $^{99\text{m}}\text{Tc}$

No	Bahan	PZC/PBZ	Pengotor ^{99}Mo ($\mu\text{Ci}/\text{mCi}$)
1	PZC Kaken Co.	4,23 g	0,0187
		4,70 g	0,0132
2	PBZ PTRR	1,00 g	0,2337
		1,00 g	31,5615

Persyaratan produk radioisotop $^{99\text{m}}\text{Tc}$ untuk pengotor ^{99}Mo adalah < 0,15

$\mu\text{Ci}/\text{mCi}$. Kolom generator $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ yang diisi dengan PZC Kaken Co menghasilkan

produk radioisotop ^{99m}Tc dengan pengotor ^{99}Mo lebih kecil dari 0,15 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$, yaitu masing masing sebesar 0,0187 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ dan 0,0132 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ sedangkan produk radioisotop ^{99m}Tc yang dihasilkan dari kolom generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ yang diisi dengan PBZ PTRR menghasilkan produk radioisotop ^{99m}Tc dengan pengotor ^{99}Mo lebih besar dari 0,15 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$, yaitu masing masing sebesar 0,2337 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ dan 31,5615 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$.

SIMPULAN

Unjuk kerja kolom generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ yang diisi dengan PZC KAKEN lebih baik dibanding dengan unjuk kerja kolom generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ yang diisi dengan PBZ PTRR. Hal ini ditunjukkan oleh kapasitas serap terhadap ^{99}Mo oleh PZC

KAKEN lebih besar dari PBZ-PTRR, yaitu 210,62 mg/g dibanding 188,81 mg/g. Hasil pemisahan radioisotop ^{99m}Tc dari PZC KAKEN sebesar 276,35 mCi (86,15%) dibanding 43,39 mCi (67,90%) dari PBZ-PTRR, Pengotor radionuklida ^{99}Mo dalam produk radioisotop ^{99m}Tc lebih besar yang dihasilkan dari kolom PBZ PTRR dibanding dengan yang dihasilkan dari PZC KAKEN, yaitu 0,2337 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ dan 31,5615 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ dibanding 0,0187 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$ dan 0,0132 $\mu\text{Ci}/\text{mCi}$. Tetapi efisiensi penyerapan ^{99}Mo ke dalam matriks penyerap terjadi sebaliknya, efisiensi serapan PBZ PTRR lebih baik dari pada efisiensi penyerapan PZC KAKEN (79,33% disbanding 77,4%). Profil elusi hampir mirip, bahwa tingkat radioaktivitas ^{99m}Tc maksimum diperoleh sebelum volume eluen mencapai 10 mL.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stephen E. Littlejohn, (2011). *Resentation Abstract, Vice President, Communications, Covidien, Covidien Reach Extends Globally and Locally*, May 5, 2010. Diunduh tanggal 8 Januari 2011
- [2] Anonymous, (16 April 2010) <http://www.world-nuclear.org/infomap.aspx>, Radiosotopes in Medicine, updated. Diunduh tanggal 8 Januari 2011.
- [3] International Atomic Energy Agency. (2010) Operation Research Reactors in the World [database] Available at: www.naweb.iaea.org/naweb/physics/research_reactors/database/RR. Diunduh Diunduh tanggal 8 Januari 2011.
- [4] Lagunas-Solar MC, Kiefer PM, Carvacho OF, Lagunas CA, Cha YP. (1991). Cyclotron production of NCA ^{99m}Tc and ^{99}Mo . An *alternative non-reactor supply source of instant ^{99m}Tc and $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ generators*. Int J Rad Appl Instrum A.;42: 643–657.
- [5] Kadarisman, Hotman Lubis, Herlina dan Yono Sugiharto. (10 Maret 2012) Karakterisasi Kolom Generator Radioisotop $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ Berbasis Polimer Zirkonium, Proceeding Seminar Nasional Kimia III, HKI Cabang Jawa Tengah, Semarang, Badan Penerbit UNNES PRESS, ISBN : 9786028467810, 10 Maret 2012, 68-79.
- [6] Kadarisman dan Abdul Mutalib. (Juni 2011) Karakterisasi PZC sebagai Pengisi Kolom Generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$, URANIA, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir,; 17 (2): 107 – 115.
- [7] Kadarisman dan Adang HG., (Februari 2011). Unjuk Kerja Generator Radioisotop $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ dengan Radioaktivitas ^{99}Mo 600 dan 800 mCi Berbasis PZC, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir “ URANIA”, 17 (1) : 25 – 32.