

# KARAKTERISASI PZC SEBAGAI PENGISI KOLOM GENERATOR $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

Kadarisman<sup>1</sup> dan Abdul Mutalib<sup>1</sup>

1. Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka, BATAN

Kawasan Puspipstek, Gedung 11, Setu, Tangerang Selatan, 15314

Email: [kadarisman\\_w@yahoo.com](mailto:kadarisman_w@yahoo.com)

(Naskah diterima : 18-04-2011, disetujui : 23-05-2011)

## ABSTRAK

**KARAKTERISASI PZC SEBAGAI PENGISI KOLOM GENERATOR  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ .** Teknesium-99m merupakan radioisotop utama untuk diagnosis dalam bidang kedokteran nuklir di seluruh dunia. Teknesium-99m diperoleh dari hasil peluruhan  $^{99}\text{Mo}$  dalam bentuk generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  dengan menggunakan  $^{99}\text{Mo}$  dari hasil fisi  $^{235}\text{U}$ . Molibdenum-99 juga dapat diperoleh dari hasil aktivasi ( $n,\gamma$ ) dari target molibdenum alam atau diperkaya. Rendahnya radioaktivitas jenis  $^{99}\text{Mo}$  hasil aktivasi neutron dan terbatasnya daya serap alumina terhadap molibdenum, menyebabkan  $^{99}\text{Mo}$  hasil aktivasi jarang digunakan dalam bentuk generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Dengan ditemukannya senyawa polimer anorganik Poly Zirconium Compound (PZC) oleh KAKEN Co dan JAERI, Jepang. Kerja sama penelitian KAKEN Co dan JAERI, Jepang, dengan Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) BATAN telah berhasil membuat generator radioisotop  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  dengan tingkat radioaktivitas 300 mCi s/d 10.000 mCi per generator. Sejak 2009, PRR melakukan pengembangan sintesis PZC yang kemudian dilakukan pelapisan TEOS dan telah dicoba untuk kolom generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Penelitian ini, dilakukan karakterisasi terhadap eluat  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  dari sistem kolom generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  berbasis PZC hasil sintesis PRR. Hasil analisis unsur dalam matriks PZC-TEOS sebelum dicampur dengan  $^{99}\text{Mo}$  kandungan unsur Si, Zr, Cl dan Ti berturut turut adalah 66,99%, 29,47% dan 3,54% dan setelah direaksikan dengan  $^{99}\text{Mo}$  adalah untuk masing masing unsur O, Si, Cl, Ti, Zr dan Mo berturut turut adalah 31,48%, 5,53%, 1,40%, 1,01%, 40,75% dan 19,84%. Hasil percobaan menggunakan matriks PZC-TEOS yang dilapis dengan cara elusi sebanyak 5 kali, dalam proses elusi diperoleh radioaktivitas  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  maksimum pada 1ml ke empat dari 10 ml eluen sebesar 1,388 mCi, efisiensi penyerapan  $^{99}\text{Mo}$  sebesar 86,65% dengan kapasitas serap 205 mg Mo/g matriks PZC-TEOS serta yield  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  24,94%.

**Kata kunci :** Generator radioisotop  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , radioisotop  $^{99}\text{Mo}$ , matriks Zr, Ti, TEOS, yield  $^{99\text{m}}\text{Tc}$

## ABSTRACT

**CHARACTERIZATION OF PZC as  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  COLUMN FILLER.** Technesium-99m represent especial radioisotope for diagnosis in the field of nuclear medicine in all the world. Teknesium-99m obtained from result of  $^{99}\text{Mo}$  decay in the form of generator of  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  by using  $^{99}\text{Mo}$  from  $^{235}\text{U}$  fission products. Molibdenum-99 also obtainable from activation result ( $n,\gamma$ ) from molybdenum natural or enriched. Lower of radioactivity of type of  $^{99}\text{Mo}$  result of neutron activation and the limited absorption of alumina to molybdenum, causing  $^{99}\text{Mo}$  result of activation seldom be used in the form

of  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generator. Foundly of inorganic polymer of Poly Zirconium Compound ( PZC) by KAKEN Co and JAERI, Japan. To date, KAKEN Co and JAERI, Japan, have cooperated by Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR), BATAN have succeeded to make generator of radioisotope of  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  with level of radioactivity 300 mCi s/d 10.000 mCi generator, respectively. 2009, PRR in pursuance of conducted by development synthesis of PZC veneering of TEOS and have been tried also for column of  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generator. In this research, conducted by characterize to  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  eluate from column of  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generator base on PZC of result of synthesis by PRR. Result of analysis of element in of PZC-TEOS matrix before mixed with  $^{99}\text{Mo}$  is content of element of the, Zr, Cl and Ti are 66,99%, 29,47% and 3,54% and after reacted with  $^{99}\text{Mo}$  are of element O, The, Cl, Ti, Zr and Mo are 31,48%, 5,53%, 1,40%, 1,01%, 40,75% and 19,84%. Result of attempt use of PZC-TEOS matrix endued by elution as much 5 times, in course of elution obtained radioactivity of  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  maksimum at 1ml to four from 10 ml eluen of equal to 1,388 mCi, efficiency of absorbtion of  $^{99}\text{Mo}$  equal to 86,65% with absorbent capacities 205 mg Mo/g of matrix of PZC-TEOS and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  yield 24,94%.

**Key word :**  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  radioisotope generator,  $^{99}\text{Mo}$ , matriks of Zr, Ti, TEOS,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  yield

## PENDAHULUAN

Sebagian besar pasokan generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  di seluruh dunia akhir-akhir ini disediakan sebagai generator kromatografi menggunakan kolom alumina yang diisi dengan  $^{99}\text{Mo}$  radioaktivitas jenis tinggi dalam bentuk Molibdat. Sumber  $^{99}\text{Mo}$  radioaktivitas jenis tinggi diperoleh dari reaktor riset dengan menggunakan reaksi fisi nuklir dari uranium pengayaan tinggi (U-235 > 93%), (High Enriched Uranium = HEU). Sesungguhnya penggunaan  $^{99}\text{Mo}$  hasil fisi cukup efisien dan efektif, terutama untuk menghasilkan radioaktivitas  $^{99}\text{Mo}$  yang tinggi, namun di samping harganya sangat mahal, pengadaan HEU sangat sulit. Selain itu juga proses pemisahan  $^{99}\text{Mo}$  hasil fisi dari radionuklida lain membutuhkan teknologi yang rumit dan infrastruktur yang hanya mungkin dimiliki oleh negara-negara yang mempunyai teknologi nuklir yang maju. Selain itu juga ada pembatasan penggunaan HEU dalam masa datang, yang disebabkan tragedi 11 September di New York AS dan gerakan NPT Internasional yang dipimpin AS<sup>[1,2,3,4]</sup>. Berdasarkan alasan tersebut, pengembangan  $^{99}\text{Mo}$  radioaktivitas rendah yang diproduksi dengan menggunakan reaksi inti ( $n,\gamma$ ) untuk digunakan dalam generator  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  terus

meningkat. Pada awalnya sistem gel Zirkonium atau Titanium Molibdat (Zr-Mo atau Ti-Mo) dipilih oleh beberapa negara untuk dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif bahan kolom generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , tetapi ternyata akhirnya ditolak sebab proses sintesisnya lebih rumit<sup>[5, 6]</sup>.

Akhir-akhir ini, senyawa Poly Zirconium Compound (PZC) yang dikembangkan oleh KAKEN Co. dan JAERI Jepang telah menunjukkan bahwa bahan itu memberikan harapan sebagai adsorben/ penyerap untuk generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  yang diisi dengan molibdenum alam teriradiasi karena kapasitas adsorpsinya terhadap molibdat 100 kali lebih besar dari pada alumina<sup>[7]</sup>. Beberapa hasil penelitian penggunaan bahan PZC dalam generator  $^{99}\text{Mo}(n,\gamma)/^{99\text{m}}\text{Tc}$  bahwa, efek penggunaan beberapa reagen pengoksidasi dalam perlakuan pencucian dan tambahan reagen pengoksidasi (NaOCl) telah memperkecil lolosan  $^{99}\text{Mo}$ <sup>[2,4,9]</sup>. Dalam paper ini akan dibahas sintesis dan preparasi kolom  $^{99}\text{Mo}$ -PZC-TEOS (Poly Zirconium Compound – Tetra Etil Silikat) yang dicuci menggunakan NaOCl dan digabungkan dengan kolom II yang berisi alumina. Dalam proses pengisian radionuklida ke dalam matriks PZC-TEOS

akan diamati efisiensi serapan PZC-TEOS terhadap  $^{99}\text{Mo}$ , dan akan diamati profil elusi  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , dan analisis unsur PZC-TEOS dan  $^{99}\text{Mo}$ - PZC-TEOS.

## TATA KERJA

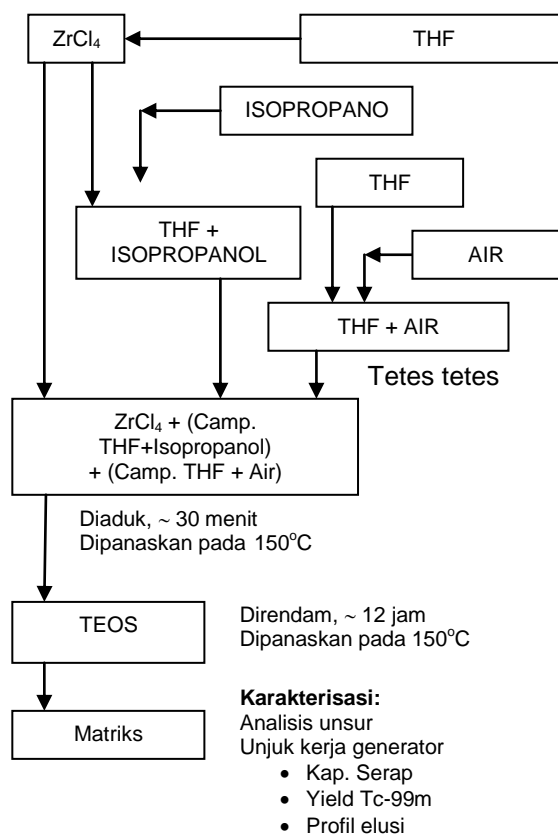
### 1. Bahan dan Peralatan

Bahan kimia yang digunakan adalah zirkonium klorida ( $\text{ZrCl}_4$ ), tetrahidrofuran (THF), TEOS, molibdenum tri oksida ( $\text{MoO}_3$ ) alam dari Fluka, larutan salin ( $\text{NaCl}$  0,9%), akuabides dari IPHA dan serbuk alumina aktif untuk kolom kromatografi, sedangkan  $\text{NaOH}$  pelet,  $\text{HCl}$  pekat dan  $\text{NaOCl}$  dari Merck. Bahan penunjang yang digunakan antara lain; penyaring Millex-FG 0,22  $\mu\text{m}$  dari Millipore, Carrigtwool Co., Jarum Suntik (Syringe) 5 dan 10 ml dari Terumo Phlippines, Gelas filter dari Fisher Scientific, Kertas pH universal dengan pH dari 1 s/d 14 dari Merck. Kolom gelas yang dilengkapi dengan fritz (panjang = 5 cm dan  $\phi$  dalam = 0,5 cm) dan kolom gelas untuk alumina aktif (panjang = 3 cm dan  $\phi$  dalam = 0,5 cm) yang dirancang sendiri dan dipabrikasi oleh pemasok lokal.

Pengujian konsentrasi radioaktivitas,  $^{99}\text{Mo}$  dan kemurnian radionuklida dilakukan menggunakan Dose Calibrator (ATOMLAB<sup>TM</sup> 100 plus) dan spektrometer sinar gamma ( $\gamma$ ) yang dilengkapi dengan analisator saluran ganda model Canberra 1000 dan detektor Germanium kemurnian tinggi (HP-Ge), serta perangkat lunak MCA Gennie 2000 VDM. Perangkat spektrometer gamma dikalibrasi menggunakan sumber standar titik 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 Du Pont. Pipet Eppendorf dengan kapasitas 5  $\mu\text{L}$  digunakan untuk pengambilan cuplikan yang akan diperiksa dengan spektrometer gamma.

### 2. Sintesis matriks zirkonium

Sebanyak 50 gram zirkonium klorida dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml. Sebanyak 26 gram (kira kira setengah dari jumlah zirkonium klorida) isopropanol dicampur dengan 20 gram tetrahidrofuran (THF) di dalam gelas piala 100 ml yang lain. Campuran isopropanol-THF dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi  $\text{ZrCl}_4$  (tetes demi tetes sambil diaduk) dan Pengadukan dilanjutkan selama 30 menit. Sebanyak 3,8 gram akuabides dimasukkan dalam gelas piala 25 ml dan ditambah 10 gram THF. Campuran Air-THF ini dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi campuran  $\text{ZrCl}_4$ , isopropanol dan THF sambil diaduk terus dan dipanaskan secara perlahan sampai suhu mencapai  $80^\circ\text{C}$ . Pengadukan diteruskan sampai campuran menjadi hampir padat dan tidak dapat diaduk lagi. Selanjutnya didiamkan selama 12 jam, sampai diperoleh padatan, digerus dan dipanaskan di dalam tungku pada suhu  $150^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Matriks zirkonium dilapisi TEOS dengan cara direndam atau dielusi (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram sintesis matriks PZC-TEOS

### 3. Irradiasi sasaran MoO<sub>3</sub> alam

Sebanyak 17 gram MoO<sub>3</sub> alam dimasukkan ke dalam ampul quartz, selanjutnya ampul quartz dilas sampai kedap udara, kemudian dimasukkan ke dalam tabung aluminium inner dan outer, di las kedap udara dan dimasukkan ke reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy untuk diirradiasi pada posisi di dalam teras reaktor (Center Irradiation Position = CIP).

### 4. Pelarutan MoO<sub>3</sub> terirradiasi

Tabung quartz yang berisi target MoO<sub>3</sub> terirradiasi dipindahkan ke dalam bejana gelas baru, Tabung quartz dipotong bagian atasnya menggunakan "*pisau pemotong*" (*tang*). Target MoO<sub>3</sub> alam terirradiasi dimasukkan ke dalam bejana gelas yang bersih. Sebanyak 25 mL NaOH 6M ditambahkan ke dalam bejana yang berisi MoO<sub>3</sub> terirradiasi, selanjutnya dipanaskan di atas pemanas dan diaduk sampai larut sempurna. Setelah larut sempurna pH larutan MoO<sub>3</sub> terirradiasi diatur sampai menjadi pH 7 menggunakan HCl 4M dan diencerkan menggunakan akuabides sampai volumenya menjadi 40 mL (larutan stok <sup>99</sup>Mo). Dicuplik sebanyak 10 mL larutan stok Mo-99 dimasukkan ke dalam vial gelas 10 mL dan di dalam wadah aluminium dan dicacah radioaktivitasnya dengan menggunakan Dose Calibrator, radioaktivitas <sup>99</sup>Mo, (jam dan tanggal pencacahan dicatat).

### 5. Preparasi kolom alumina

Sebanyak 3 gram serbuk alumina aktif dimasukkan ke dalam bejana gelas 25 ml, ditambahkan 10 mL salin kemudian diaduk beberapa saat. Alumina yang telah dicuci itu dimasukkan ke dalam kolom gelas dan siap digunakan untuk elusi <sup>99m</sup>Tc.

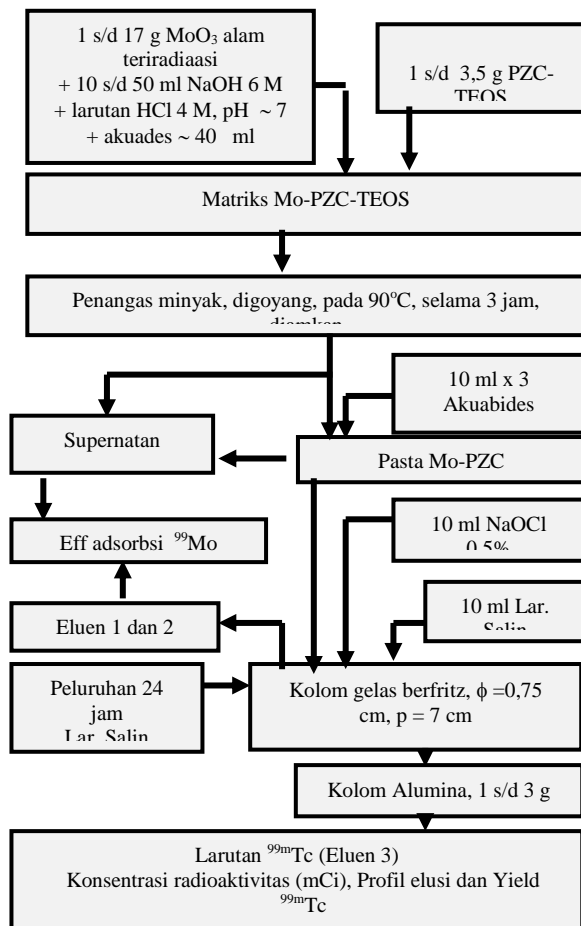
### 6. Preparasi kolom Matriks PZC-TEOS

Sebanyak volume tertentu (0,73 mL) larutan molibdenum terirradiasi dengan radioaktivitas 9,380 mCi (berat Mo terhitung = 208,0 mg) dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml bertutup. Ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan induk <sup>99</sup>Mo dimasukkan sejumlah tertentu (1,16 gram) PZC-TEOS (kapasitas serap PZC-TEOS terhadap molibdenum ≈ 180 mg/g). Campuran digoyang sesaat sampai serbuk PZC-TEOS terendam semua ke dalam larutan stok <sup>99</sup>Mo. Erlenmeyer yang berisi campuran Mo- PZC-TEOS dimasukkan ke dalam penangas minyak pada suhu 90°C selama 3 jam, dan digoyang beberapa saat dalam antara waktu 30 menit. Didiamkan beberapa saat sampai padatan dan cairan terpisah sempurna. Setelah selesai proses pencampuran, campuran Mo- PZC-TEOS didekantasi dan supernatan <sup>99</sup>Mo ditampung dalam dalam botol polietilen 100 mL. Pasta Mo-PZC-TEOS di dalam erlenmeyer dicuci dengan 10 mL akuabides steril, diamkan hingga padatan halus terpisah dengan larutannya, campuran didekantasi lagi dan supernatan <sup>99</sup>Mo dimasukkan ke dalam botol polietilen 100 mL di atas. Pasta Mo-PZC-TEOS dimasukkan ke dalam kolom gelas yang di bagian bawahnya dilengkapi dengan fritz, di atas fritz dipasang filter. Kolom gelas ditutup dengan septa karet dan selanjutnya dielusi menggunakan 10 mL larutan NaOCl 0,5%. Eluat ditampung di dalam vial vakum 10 mL (VIAL B), kemudian dielusi dengan 10 mL larutan salin dan eluat ditampung dalam vial 10 mL (VIAL C).

Dicuplik supernatan <sup>99</sup>Mo sebanyak 10 mL dimasukan ke dalam vial 10 ml. Radioaktivitas <sup>99</sup>Mo diukur Dose Calibrator. Radioaktivitas <sup>99</sup>Mo (mCi), (tanggal dan jam pencacahan dicatat). Kolom gelas yang berisi pasta Mo-PZC-TEOS dihubungkan dengan kolom alumina (berisi serbuk alumina aktif kira-kira 1 gram), diamkan selama 24 jam (Gambar 2).

7. Elusi radioisotop <sup>99m</sup>Tc

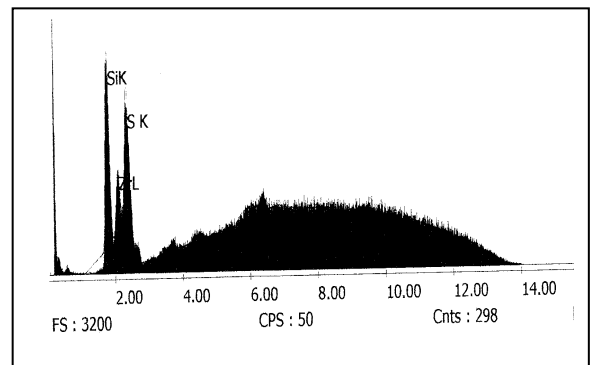
Radioisotop <sup>99m</sup>Tc dielusi dengan 10 ml larutan salin. Tampung eluat masing-masing sebanyak 1 ml ke dalam 10 Vial, Vial 1 s/d 10). Eluat dalam vial 1 s/d 10 masing-masing dicacah dengan Dose Calibrator. Hasil pengukuran radioaktivitas <sup>99m</sup>Tc, (dicatat hari, tanggal dan jam pencacahan). Eluat yang ada di dalam vial 1 s/d 10 digabungkan ke dalam vial 10 mL, kemudian dimasukkan ke dalam kontainer yang telah disediakan dan dicacah radioaktivitas loloan <sup>99</sup>Mo, dengan spektrometer gamma, (dicatat hari, tanggal dan jam pencacahan). Ambil cuplikan <sup>99m</sup>Tc sebanyak 1 µL, teteskan pada kertas saring, keringkan dan cacah dengan spektrometer gamma. Spektrum energi gamma dicatat (luas puncak, jam, tanggal, bulan, tahun dan lama pencacahan). Hitung Konsentrasi radioaktivitas <sup>99m</sup>Tc (mCi) dan Yield <sup>99m</sup>Tc (%),



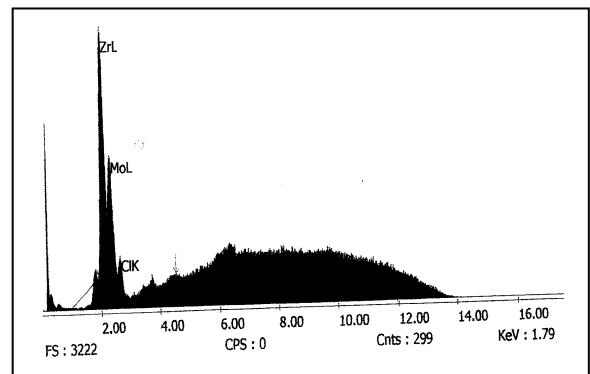
Gambar 2. Proses pembuatan kolom generator <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis unsur matriks PZC-TEOS dengan metode X-Ray Fluorescence (XRF) menunjukkan bahwa unsur Si 66,99%, Zr = 29,47% dan Ti = 3,54%, sedangkan susunan unsur dari PZC yang diproduksi Kaken Co. Jepang adalah unsur Zr 87,29%, Cl = 10,18% dan Ti = 2,53 (Gambar 3a, 3b dan Tabel 1).



Gambar 3a Spektrum XRF dari matriks PZC-TEOS



Gambar 3b Spektrum XRF dari PZC KAKEN

Tabel 1 Susunan unsur matriks PZC-TEOS dari hasil analisis XRF

Unsur	Energi (KeV)	Puncak		Perbandingan Unsur (%)	
		PZC-TEOS	PZC	PZC-TEOS	PZC
Si	1,74	39,94		66,99	-
Zr	2,04	17,57	73,40	29,47	87,29
Cl	2,62		8,5		10,18
Ti	4,51	2,11	2,13	3,54	2,53
Jumlah		59,62	84,09	100,00	100,00

Hasil pengujian efisiensi penyerapan matriks PZC-TEOS yang dilakukan dengan cara direndam selama 6 jam mempunyai efisiensi penyerapan terbaik dibandingkan dengan yang direndam selama 1 jam dan 3 jam (Tabel 2).

Tabel 2. Efisiensi penyerapan <sup>99</sup>Mo ke dalam PZC yang direndam selama 1, 3 dan 6 jam di dalam TEOS dan tanpa direndam

Waktu (jam)	Mo-99 Awal (mCi)	Mo-99 Terserap (mCi)	Ef. Serapan (%)	Kap. Serap Mg Mo/g
1	6.32	0.893	15.50	25.50
3	6.50	1.400	27.10	49.70
6	6.56	2.600	41.20	79.28
PZC JP	Tanpa lapisan TEOS			270*
	Yang dilapis TEOS			225*

Ket. \* Kaken 1998

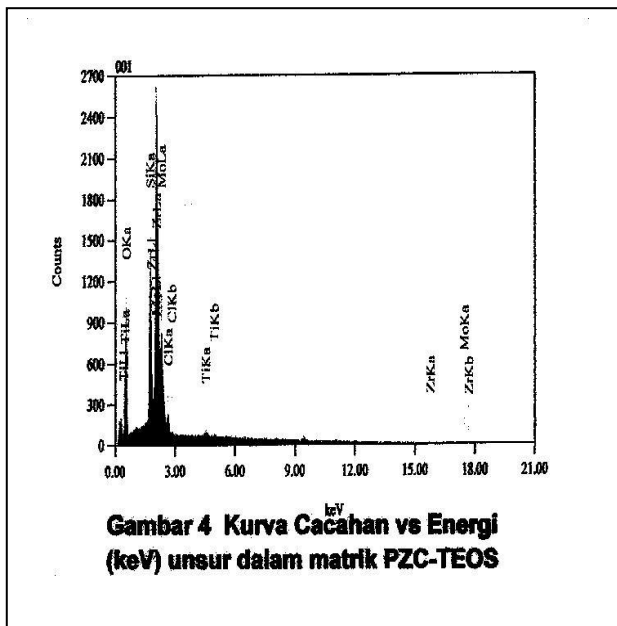
Selanjutnya hasil percobaan pengujian unjuk kerja kolom generator <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc dengan radioaktivitas <sup>99</sup>Mo sebesar 600,60 mCi untuk matriks PZC-TEOS yang dilapis dengan cara direndam

selama 6 jam diperoleh hasil bahwa efisiensi penyerapan Mo adalah 72,50%, yield <sup>99m</sup>Tc 16,93% dan kapasitas serap rerata terhadap molibdenum sebesar 125,31 mg/g (Tabel 3).

Tabel 3. Efisiensi penyerapan <sup>99</sup>Mo ke dalam PZC-TEOS

KODE	A	B	RERATA
Mo AWAL (mCi)	600,60	600,60	600,60
Mo terserap (mCi)	444,09	425,98	434,98
EF. (%)	74,09	70,91	72,50
Tc-99m (mCi)	36,22	19,00	27,61
Yield Tc-99m (%)	22,70	11,16	16,93
Kap. Serap (mg Mo/g PZC)	127,08	123,53	125,31

Hasil analisis unsur dengan metode SEM/EDS untuk matriks PZC yang dilapis TEOS dengan direndam selama 6 jam dan telah direaksikan dengan molibdenum teriradiasi menunjukkan mengandung unsur Mo rata rata 8,55% (Gambar 4 dan Tabel 4).



Tabel 4 Kandungan unsur dalam PZC-TEOS dengan perendaman 6 jam sesudah loading <sup>99</sup>Mo

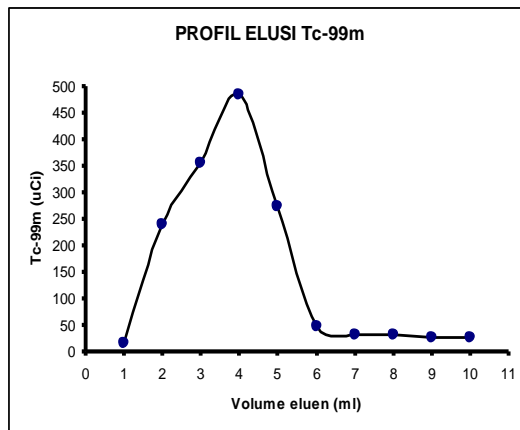
Unsur	Pasca Loading Mo-99 ( % )			Ket.
	1	2	Rata-rata	
O	38,97	44,17	41.57	
Si	9,12	11,47	10.30	
Zr	39,73	33,74	36.74	
Cl	2,57	1,98	2.28	
Ti	0,63	0,53	0.58	
Mo	8,98	8,11	8.55	
Jumlah	100,00	100,00	100.00	

Yield <sup>99m</sup>Tc dari hasil elusi matriks PZC-TEOS yang direndam selama 6 jam ini masih kecil (16,93%), baik kapasitas serapnya terhadap molibdenum 125,31 mg Mo/g maupun efisiensi penyerapan terhadap <sup>99</sup>Mo 72,61% juga masih kecil. Karena itu, dilakukan modifikasi cara pelapisan TEOS pada matriks PZC dengan dielusi.

Hasil pengujian unjuk kerja kolom generator <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc dari matriks PZC-TEOS yang dilapisi dengan cara dielusi sebanyak 5 kali ulangan menunjukkan ada peningkatan kinerjanya, yaitu diperoleh efisiensi penyerapan <sup>99</sup>Mo, yield <sup>99m</sup>Tc dan kapasitas serap molibdenum masing masing sebesar 86,65%, 24,94% dan 205,49 mg Mo/g, dan profil elusi mencapai radioaktivitas <sup>99m</sup>Tc maksimum pada elusi 1 ml keempat (Tabel 5 dan Gambar 5).

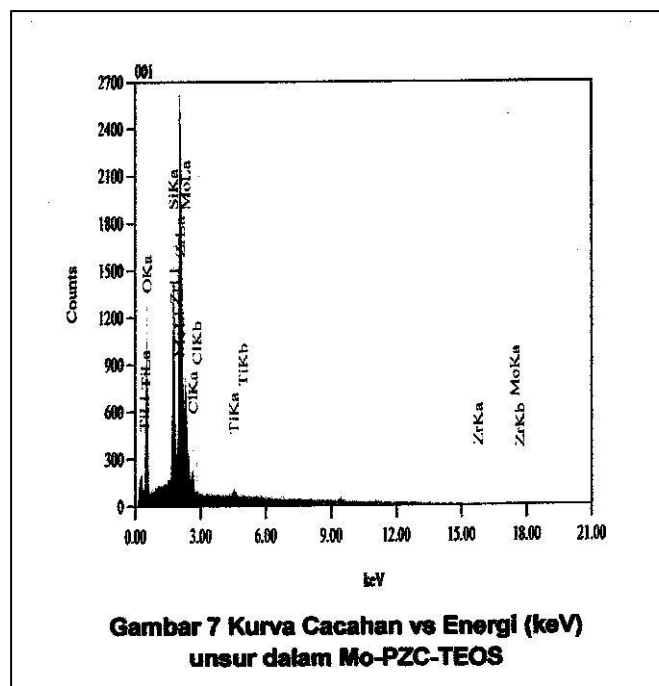
Tabel 5. Efisiensi penyerapan <sup>99</sup>Mo ke dalam PZC-TEOS yang dilapisi dengan elusi sebanyak 5 kali ulangan.

Mo-99 awal (μCi)	9380
Mo-99 terserap (μCi)	8128
Efisiensi serapan Mo-99 (%)	86,65
Radioaktivitas Tc-99m (μCi)	1388
Yield Tc-99m (%)	24,94
Kap. Serap (mg Mo/g PZC)	205,49



Gambar 5. Profil elusi <sup>99m</sup>Tc dari matriks Zr,Ti, TEOS

Hasil analisis unsur dari matriks PZC-TEOS setelah direaksikan dengan target molibdenum teriradiasi dengan metode SEM dan EDS.



Adapun susunan unsur di dalam Mo-PZC-TEOS hasil analisis dengan metoda EDS dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan unsur di dalam Mo-PZC-TEOS

NO.	UNSUR	PERSENTASE (%)	KET.
1	O	31,48	
2	Si	5,53	
3	Cl	1,40	
4	Ti	1,01	
5	Zr	40,75	
6	Mo	19,84	Sebelumnya 8,55%

Artinya matriks PZC yang disintesis yang dilapis TEOS melalui elusi sebanyak 5 kali mengandung 19,84% unsur molibdenum, sedangkan matriks PZC-TEOS yang dilapis dengan direndam selama 6 jam hanya mengandung unsur molibdenum sebesar 8,55%. Hasil analisis unsur terhadap PZC-TEOS yang dilapis dengan cara direndam selama 6 jam dan dielusi sebanyak 5 kali masing masing mengandung unsur zirkonium sebesar 36,74% dan 40,75% dan unsur molibdenum masing masing sebesar 8,55% dan 19,84%, serta mempunyai yield  $^{99m}\text{Tc}$  masing masing sebesar 16,93% dan 24,94%. Matriks PZC-TEOS yang dilapis dengan cara elusi mempunyai unjuk kerja sebagai pengisi kolom generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  lebih baik dari pada yang dilapis dengan cara direndam selama 6 jam. Namun demikian yield  $^{99m}\text{Tc}$  dari masing masing PZC-TEOS masih rendah, sebab yield  $^{99m}\text{Tc}$  dari generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  yang beredar di rumah sakit yaitu > 80%. Hal ini kemungkinan disebabkan kondisi pH larutan saat elusi. Apabila pH larutan < 6 maka molekul polimer PZC semakin besar sehingga sukar ditembus keluar oleh  $^{99m}\text{Tc}$  yang berbentuk  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  (pertechnetat)

#### SIMPULAN

Dari hasil percobaan diperoleh bahwa efisiensi penyerapan  $^{99}\text{Mo}$  ke dalam matriks PZC-TEOS, yield radiosotop  $^{99m}\text{Tc}$  dan kapasitas serap terhadap molibdenum yang dilapis dengan cara direndam selama 6 jam

masing masing adalah 72,50%, 16,93% dan 125,31 mg Mo/g, sedang yang dilapis TEOS dengan cara elusi sebanyak 5 kali adalah sebesar 86,65%, 24,94% dan sebesar 205,49 mg Mo/g.

#### SARAN

Karena pH larutan sangat berpengaruh terhadap bentuk polimer PZC dan juga berpengaruh pada yield  $^{99m}\text{Tc}$ , untuk kegiatan selanjutnya disarankan agar saat elusi pH dikondisikan (pH ~ 6), diharapkan dapat meningkatkan yield  $^{99m}\text{Tc}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

1. KATSUYOSHI TATENUMA, YUKIO HISHINUMA, HITOSHI TERUNOMA, ET AL.,(2004) Practical development of natural Mo(n, $\gamma$ )  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  generator utilizing a new inorganic polymer with high adsorption capacity of molybdenum; Poly-Zirconium-Compound (PZC), Katsuyoshi Tatenuma, Yukio Hishinuma et. al., Document at FNCA, 2003 (January 2004, Indonesia), 1 - 15
2. A. MUTALIB, A.H. GUNAWAN, (2003) "Performance of (n, $\gamma$ )  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  generators based on PZC materials and neutron irradiated natural molybdenum".
3. A.H. GUNAWAN, A. MUTALIB,(2003), "A comparative study on The Labelling of radiopharmaceutical kits with Tc-99m obtained from F.P.  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  generator and PZC-Based  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  generator".
4. A.H. GUNAWAN, A. MUTALIB dkk. (2005), "Pengaruh pencucian larutan NaOCl dan penambahan kolom kedua alumina terhadap yield dan lolosan  $^{99}\text{Mo}$  dari generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  berbasis PZC", Jurnal Radioisotop dan Radiofarmaka, Vol. 8, 2005,10 – 20.
5. KADARISMAN, "Studi Kesetabilan Struktur Zr-Mo dengan Perhitungan Mekanika Molekuler", Majalah Indokimia, Volume 1, Nomor 6, hal. 8 -12.



6. KADARISMAN, (1994), "Analisis Bentuk Fisis Struktur Zr-Mo dengan Spektrometri IR dan Difraksi Sinar X", Hasil Penelitian Pusat Produksi Radioisotop, No. 2, 1 -11.
7. LE VAN SO, (2003) "The performance of gel technetium-99m generator, The 2002 workshop on utilization of research reactors", The 2002 workshop on utilization of research reactors, January 13 – 17, 1994, 13 – 134.
8. H.S. HAN, (2003), "Status development and production of  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  radiosotope and its generator in Korea", The 2002 workshop on utilization of research reactors, January 13 – 17, 2003, 135 - 144.
9. ELVIRA Z. SOMBRITO, (2003), "Performance tests on new chromatographic material for  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  generators", The 2002 workshop on utilization of research reactors, January 13 – 17, 2003, 159 – 167.