



PROSIDING

PERTEMUAN ILMIAH RADIOISOTOP, RADIOFARMAKA, SIKLOTRON DAN KEDOKTERAN NUKLIR

**Gedung Diklat RSUP Dr. Kariadi
Jl. Dr. Sutomo No. 16
Semarang**

10 – 11 Oktober 2014

*“Current Advances in Radionuclide Technology
Nuclear Medicine and Molecular Imaging”*



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

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

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Allah atas petunjuk dan karunia yang telah diberikan sehingga Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir 2014 dengan tema “ *Current Advances in Radionuclide Technology Nuclear Medicine and Molecular Imaging*” dapat diterbitkan. Prosiding ini merupakan kumpulan karya ilmiah yang telah lolos proses seleksi yang dilakukan oleh tim penelaah dan telah dipresentasikan dalam seminar pada tanggal 10 dan 11 Oktober 2014 yang bertempat di Aula Gedung Direksi Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi Jalan Dr Sutomo nomor 16 Semarang.

Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir 2014 diisi dan diikuti oleh kurang lebih 220 peserta yang berasal 10 satuan kerja pemerintah, 14 perwakilan Rumah Sakit, 3 universitas, 7 perwakilan industri dan 2 perwakilan dari luar negeri yaitu dari Royal Prince Alfred Hospital, Australia dan Seoul National University, Korea.

Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka dan Perhimpunan Kedokteran Nuklir Indonesia sebagai pihak penyelenggara seminar ini menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua peserta dan pembawa makalah yang telah berpartisipasi dalam seminar dan aktif memberikan masukan yang bermanfaat bagi semua makalah yang dipublikasikan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada seluruh Dewan Editor yang telah membantu dalam seleksi, penilaian dan peningkatan mutu makalah untuk bisa dipublikasikan dalam Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka dan Siklotron 2014. Terimakasih pada seluruh anggota dewan redaksi yang telah bekerja keras untuk menyusun dan menerbitkan prosiding ini, serta semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelenggaraan seminar sampai dapat diterbitkannya prosiding ini.

Besar harapan kami bahwa Prosiding ini akan banyak berguna bagi para pembaca serta semua rekan seprofesi, serta akan dapat menjadi acuan dan titik tolak untuk mencapai kemajuan yang lebih besar untuk perkembangan di bidang radioisotop, radiofarmaka, siklotron dan kedokteran nuklir. Kami sadari bahwa seminar dan prosiding ini tidak lepas dari berbagai kekurangan. Kami mohon maaf dan kritik serta saran yang bersifat membangun demi perbaikan dimasa datang selalu kami harapkan dari rekan sejawat dan pembaca yang budiman.

Serpong, Januari 2015

Tim Editor

Dewan Editor/Penelaah Prosiding PIT 2014

1. Dr. Rohadi Awaludin (PTRR-BATAN)
2. Dr. Martalena Ramli(PTRR-BATAN)
3. Basuki Hidayat, dr, Sp.KN (FK-UNPAD, RS. Hasan Sadikin Bandung)
4. Imam Kambali, PhD(PTRR-BATAN)
5. Drs. Hari Suryanto, M.T(PTRR-BATAN)
6. Drs. Adang Hardi Gunawan(PTRR-BATAN)
7. Widyastuti(PTRR-BATAN)

SUSUNAN PANITIA

Penasehat

1. Prof. Dr. Johan S Masjhur, dr, SpPD-KEMD, SpKN
Perhimpunan Kedokteran Nuklir Indonesia
2. Dra. Siti Darwati MSc
Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka - BATAN
3. A. Hussein S Kartamihardja, dr, SpKN, MH.Kes
Perhimpunan Kedokteran Nuklir Indonesia / Fakultas Kedokteran - UNPAD

Pengarah

1. Dr. Rohadi Awaludin
2. Trias Nugrahadi, dr ,Sp.KN
3. Drs. Hotman Lubis
4. Dra. R. Suminar Tedjasari

Redaktur Prosiding PIT 2014 dan Panitia Pelaksana PIT 2014

1. Ratna Dini Haryuni, M.Farm
2. Herlan Setiawan, S.Si
3. Diah Pristiowati
4. Rien Ritawidya, M.Farm
5. Titis Sekar Humani, M.Si
6. Nur Rahmah Hidayati, M.Sc
7. Drs. Agus Ariyanto
8. Didik Setiaji, A.Md
9. Veronika Yulianti Susilo, M.Farm
10. Wira Y Rahman
11. Indra Saptiama, S.Si
12. Fath Priyadi S.ST
13. Bisma Baron Patrinesha, A.Md
14. Jakaria, S.ST

LAPORAN KETUA PANITIA

Assalamu'alaikumwr.wb.

Segala Pujibagi Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2014 dapat terlaksana dengan baik. Pertemuan ilmiah ini merupakan kegiatan rutin yang terselenggara setiap tahun, kerjasama antara Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka (PTRR) -BATAN dengan Perhimpunan Kedokteran Nuklir Indonesia (PKNI) dan Perhimpunan Kedokteran dan Biologi Nuklir Indonesia (PKBNI).

Tema yang diangkat tahun ini adalah "*Current Advances in Radionuclide Technology Nuclear Medicine and Molecular Imaging*". Pertemuan ini dihadiri oleh 220 peserta dari berbagai kalangan baik dari dalam maupun di luar negeri, meliputi para pembuat kebijakan, peneliti, klinisi, akademisi, serta mitra industri. Bentuk kegiatan yang telah dilaksanakan berupa: *plenary session* dan *keynote speaker*, presentasi oral, presentasi poster, serta pameran produk dari Pusat Diseminasi dan Kemitraan -BATAN dan beberapa mitra industri.

Kegiatan ini bertujuan untuk *sharing* ilmu, memperoleh informasi baru serta menyampaikan hasil-hasil terbaru di bidang radiofarmaka, *molecular imaging*, kedokteran nuklir dan *targeted radionuclide therapy*.

Kami

berharap semoga pertemuan ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan perkembangan ilmu di bidang radioisotop, radiofarmaka, siklotron dan kedokteran nuklir serta dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi seluruh pihak. Akhir kata, Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mensukseskan penyelenggaraan kegiatan PIT 2014. Kami juga memohon maaf atas segala kekurangan, semoga tahun depan kita dapat berjumpa kembali pada keadaan yang lebih baik.

Wassalamu'alaikumwr.wb

Ketua Panitia

Ratna Dini Haryuni, M.Farm

KATA SAMBUTAN
KEPALA PUSAT TEKNOLOGI 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 2014 dapat dilaksanakan dengan baik sampai dengan terbitnya prosiding. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Penelaah, Tim Editor dan semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian prosiding ini.

Kami mengharapkan 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 2014 pada tanggal 10-11 Oktober 2014 di Aula Gedung Direksi Rumah Sakit Umum Pusat Dr.Kariadi Jl. Dr. Sutomo, Semarang, Jawa Tengah. Pertemuan ilmiah ini mengangkat tema "*Current Advances in Radionuclide Technology, Nucluar Medicine and Molecular Imaging*" dengan melibatkan para peneliti dari Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka (PTRR) dan beberapa satuan kerja di lingkungan BATAN maupun perguruan tinggi, para praktisi kedokteran nuklir serta pembicara tamu dari luar negeri yaitu *Royal Prince Alfred Hospital of Australia* dan *Seoul National University of Korea*.

Harapan kami semua 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 Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka

Dra. Siti Darwati, M.Sc

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Dewan Editor / Penelaah Prosiding PIT 2014	ii
Susunan Panitia	iii
Laporan Ketua Panitia	iv
Kata Sambutan Kepala Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka	v
Daftar isi	vi
Preparasi dan Uji Stabilitas ¹⁷⁷Lu-DOTA-F(ab')₂- Nimotuzumab Sebagai Kandidat Radiofarmaka Terapi Kanker	1
Martalena Ramli, Citra R.A.P. Palangka, Lina Elfita, Ratna Dini Haryuni, Titis Sekar Humani	
Penentuan Tangkapan Radiofarmaka ^{99m}Tc-Siprofloksasin Terhadap Ciprofloxacin-Resistant Escherichia coli dan Ciprofloxacin-Resistant Staphylococcus aureus	12
Isti Daruwati, Maria Agustine, Maula Eka Sriyani, Iim Halimah, Rizky Juwita Sugiharti, Nelly D. Leswara	
Kinerja Kolom Generator ⁹⁹Mo/^{99m}Tc dengan Material Berbasis Zirkonium Menggunakan ⁹⁹Mo Aktivasi Dengan Aktivitas 250 mCi	21
Marlina, Sriyono, Endang Sarmini, Herlina, Abidin, Hotman Lubis, Indra Saptiama, Herlan Setiawan, Kadarisman	
Optimasi Pemisahan ¹⁷⁷Lu dari Yb₂O₃ untuk Radioterapi dengan Metode Kromatografi Kolom	28
Triani Widyaningrum, Endang Sarmini, Umi Nur Sholikhah, Triyanto, Sunarhadijoso Soenarjo	
Karakterisasi ¹⁹⁸AuNP Terbungkus PAMAM G4 untuk Penghantar Obat Diagnosa dan Terapi Kanker	35
Anung Pujiyanto, Eni Lestari, Mujinah, Hotman L, Umi Nur sholikhah, Maskur, Dede K, Witarti, Herlan S, Rien R, Adang H G, Abdul Mutalib	
Pengaruh Pencucian Larutan HNO₃ 0,1 N pada Kolom Alumina Asam Terhadap Rendemen dan Kualitas ^{99m}Tc Hasil Ekstraksi Pelarut Metil Etil Keton (MEK) dari ⁹⁹Mo Hasil Aktivasi	42
Yono S, Adang H.G. dan Sriyono	
Modifikasi Kontrol <i>Duct Heater</i> Untuk Mempertahankan Stabilitas <i>Humidity</i> di dalam Cave Siklotron Guna Menunjang Pengoperasian Siklotron CS – 30 BATAN	50
I Wayan Widiana, Sofyan Sori, Jakaria, Suryo Priyono	
Pemisahan Radioisotop Terapi ¹⁸⁸Re dari ¹⁸⁸W Melalui Kolom Generator ¹⁸⁸W/¹⁸⁸Re Berbasis MBZ	57
Sriyono, Herlina, Endang Sarmini, Hambali, Indra Saptiama	
Validasi Kit <i>Immunoradimetric assay Free Prostate Specific Antigen</i> untuk Pemantauan Pembesaran Prostat Jinak Secara <i>In Vitro</i>	65
Puji Widayati, Veronika Yulianti Susilo, Wening Lestari, Agus Ariyanto	

Sintesis Paduan Polimer Polimer Poli-n-Sopropilakrilamida (PNIPA) / Polivinilpirolidon (PVP) Bertanda Iodium-125	71
Indra Saptiama, Eli Fajar Lestari, Herlina, Karyadi, Endang Sarmini, Abidin, Hotman Lubis Triani Widyaningrum, Rohadi Awaludin	
Optimizing Irradiation Parameters of Cyclotron-Produced Radionuclides Cu-64, I-123 and I-124	77
Imam Kambali and Hari Suryanto	
Evaluasi Uptake Radiofarmaka ^{99m}Tc-Siprofloksasin oleh Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> yang Resisten Terhadap Antibiotik Kotrimoksazol Secara In Vitro	86
Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Reduktor Trisodium Sitrat	95
Herlan Setiawan, Anung Pujiyanto, Hotman Lubis, Rien Ritawidya, Mujinah, Dede Kurniasih, Witarti, Hambali, Abdul Mutalib	
Optimasi Disain untuk Menekan Dimensi dan Berat Modul Kontainer Perisai Radiasi pada Perangkat Brakiterapi	102
Ari Satmoko, Kristiyanti, Tri Harjanto, Atang Susila	

PENGARUH PENCUCIAN LARUTAN HNO₃ 0,1 N PADA KOLOM ALUMINA ASAM TERHADAP RENDEMEN DAN KUALITAS ^{99m}Tc HASIL EKSTRAKSI PELARUT METIL ETIL KETON (MEK) DARI ⁹⁹Mo HASIL AKTIVASI

Yono S, Adang H.G. dan Sriyono

Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN
yonosu@batan.go.id, adanghg56@yahoo.com

ABSTRAK

PENGARUH PENCUCIAN LARUTAN HNO₃ 0,1 N PADA KOLOM ALUMINA ASAM TERHADAP RENDEMEN DAN KUALITAS ^{99m}Tc HASIL EKSTRAKSI PELARUT METIL ETIL KETON (MEK) DARI ⁹⁹Mo HASIL AKTIVASI. Selain menggunakan sistem generator ⁹⁹Mo/^{99m}Tc, radionuklida ^{99m}Tc juga dapat diperoleh dari ⁹⁹Mo melalui metode ekstraksi dengan menggunakan pelarut MEK (Metil Etil Keton). Metode pemisahan ini dilakukan untuk ⁹⁹Mo yang diperoleh dari reaksi aktivasi (n,) di reaktor menggunakan target ⁹⁸Mo alam atau yang diperkaya. Dalam penggunaan metode ini perlu diperhatikan beberapa hal seperti MEK yang merupakan pelarut yang mudah terbakar sehingga perlu pengamanan sistem operasional yang tinggi, MEK yang rentan terhadap degradasi radiasi dan kadang-kadang ^{99m}Tc yang dihasilkan berwarna kuning muda. Selain itu, masih terdeteksinya sisa MEK yang terdapat pada larutan ^{99m}Tc adalah hal yang tidak diinginkan. Perkembangan terbaru sistem pemisahan ^{99m}Tc dari ⁹⁹Mo hasil aktivasi adalah dengan melakukan pemurnian fasa MEK tanpa pemanasan dengan menggunakan sistem kromatografi kolom alumina asam. Sistem ini mempunyai keterbatasan yaitu kolom alumina asam untuk pemurnian ^{99m}Tc hanya bisa digunakan sekali, sehingga untuk pemurnian berikutnya kolom alumina asam perlu diganti dengan yang baru lagi. Hal ini kurang praktis dan juga memerlukan biaya yang tidak sedikit untuk mengganti kolom setiap kali elusi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kemungkinan pemisahan ^{99m}Tc dari ⁹⁹Mo dengan metode ini tanpa mengganti kolom alumina asam. Untuk keperluan tersebut perlu dilakukan regenerasi kolom dengan menggunakan HNO₃ 0,1 N dan parameter yang diamati adalah pH, rendemen dan kemurnian radiokimia ^{99m}Tc yang dihasilkan. Dari pengamatan hasil penelitian yang dilakukan selama 5 hari telah diperoleh pH ~5, % recovery > 60 % dan kemurnian radiokimia > 95 %. Dari hasil perlakuan terhadap kolom alumina asam dengan larutan HNO₃ 0,1 N, kolom pemurnian memungkinkan untuk digunakan lebih dari 1 kali.

Kata kunci : ^{99m}Tc, ⁹⁹Mo, MEK, kolom alumina asam, kemurnian radiokimia

ABSTRACT

Besides using a generator system of ⁹⁹Mo/^{99m}Tc, ^{99m}Tc radionuclide also can be obtained from solvent extraction method of ⁹⁹Mo using MEK (Methyl Ethyl Ketone). This separation method is done for ⁹⁹Mo obtained from activation reaction (n,) in a nuclear reactor using natural ⁹⁸Mo or enriched targets. This method needs to consider some issues such as the flammability of the MEK solvent, and that the MEK is prone to radiation degradation and sometimes results in light yellow ^{99m}Tc. Besides, residual MEK detected in ^{99m}Tc solution is undesirable. Latest method of separating ^{99m}Tc from activated ⁹⁹Mo is by means of MEK extraction using acidic alumina column chromatography system. This system is limited to the fact that the acidic alumina column used for the purification of ^{99m}Tc may only be used for once. Furthermore the column needs to be replaced with a new one for next purification, thus it is less practical and costly. The purpose of this research was to examine the possibility of separating ^{99m}Tc from ⁹⁹Mo using this method without replacing the acidic alumina column. For this purpose, the acidic alumina column needs to be regenerated using 0.1N HNO₃ and the observed parameters include pH, yield and radiochemical purity of produced ^{99m}Tc. Following a 5-day observation, it was found that the pH was ~5%, recovery > 60% and with radiochemical purity of > 95%. From the treatment of acidic alumina column using 0.1N HNO₃ solution, it was concluded that the purification column could be used more than once.

Keywords : ^{99m}Tc, ⁹⁹Mo, MEK, acidic alumina column, radiochemical purity

PENDAHULUAN

Radiofarmaka teknesium-99m, suatu senyawa atau obat dimana salah satu atom penyusunnya adalah radionuklida teknesium-99m (^{99m}Tc), sampai saat ini telah rutin digunakan di setiap rumah sakit yang memiliki fasilitas kedokteran nuklir untuk tujuan diagnosa penyakit. Untuk keperluan rutin, ^{99m}Tc dapat diperoleh dari sistim Generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ -99m, yaitu suatu sistim kolom kromatografi yang mampu memisahkan ^{99m}Tc dari ^{99}Mo , yang terserap kuat di absorben sebagai fasa diam, dengan cara mengelusi kolom dengan larutan salin (larutan NaCl 0.9%) [1-2]. Dalam sistem generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$, radionuklida ^{99}Mo diperoleh dari hasil belah ^{235}U yang di irradiasi di reaktor dengan menggunakan target HEU atau LEU[1-3]. Molibdenum-99 juga dapat diperoleh dari reaksi aktivasi (n, γ) di reaktor menggunakan target ^{98}Mo alam atau yang diperkaya, meskipun demikian, ^{99}Mo yang dihasilkan mempunyai aktivitas spesifik yang rendah dibanding dengan ^{99}Mo hasil fisi ^{235}U . Permasalahan yang terjadi dalam pengembangan generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ menggunakan ^{99}Mo hasil aktivasi neutron adalah terbatasnya daya serap alumina terhadap molibdenum ($< 10 \text{ mg Mo/g alumina}$). Beberapa penelitian ke arah pengembangan generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ yang menggunakan ^{99}Mo dengan aktivitas spesifik rendah dari hasil aktivasi neutron telah dilakukan diantaranya adalah dalam bentuk generator gel dari zirconium atau titanium molibdat dan generator $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ yang menggunakan PZC (Poly Zirconium Compound) sebagai pengganti alumina untuk penyerap ^{99}Mo [4].

Selain dari menggunakan sistem generator, pemisahan ^{99m}Tc dari ^{99}Mo juga dapat dilakukan dengan metode ekstraksi menggunakan pelarut MEK (*Metil Etil Keton*). Sistem ini akan dapat menghasilkan ^{99m}Tc dengan konsentrasi radioaktif tinggi sesuai yang diinginkan, tetapi dengan metode ini perlu diperhatikan beberapa hal seperti MEK merupakan pelarut yang

mudah terbakar yang perlu pengamanan sistem operasional yang tinggi, MEK rentan terhadap degradasi radiasi dan kadang-kadang ^{99m}Tc yang dihasilkan berwarna kuning muda, selain itu juga terdeteksi masih adanya sisa MEK yang terdapat pada larutan ^{99m}Tc [4-6].

Perkembangan terakhir pemisahan ^{99m}Tc dari ^{99}Mo hasil aktivasi neutron adalah dengan melakukan pemurnian fasa MEK tanpa pemanasan yaitu menggunakan sistem kromatografi kolom alumina asam. Penelitian ini dilakukan melalui kerjasama antara PTRR – BATAN, Chiyoda dan JAEA Jepang. Dari penelitian tersebut diperoleh nilai kemurnian radionuklida sebesar 99,90% dan kemurnian radiokimia sebesar 97,78% dengan rendemen antara 60-70% [4]. Dengan metode ini, ^{99m}Tc hasil ekstraksi MEK dimurnikan dengan cara melewatkannya melalui 2 kolom dengan isian alumina basa dan alumina asam. Kolom alumina basa dimaksudkan untuk menangkap ^{99}Mo yang masih terdapat pada fasa MEK (bila ada) sedangkan kolom alumina asam untuk memurnikan ^{99m}Tc hasil ekstraksi. Sistem ini mempunyai keterbatasan yaitu kolom alumina asam hanya digunakan sekali untuk pemurnian ^{99m}Tc , untuk pengelusan berikutnya kolom alumina asam harus diganti baru lagi, sehingga kurang praktis dan juga memerlukan biaya yang tidak sedikit untuk mengganti kolom setiap kali elusi [6-7].

Untuk mengatasi masalah pada pengelusan ulang ^{99m}Tc dari kolom alumina asam dan juga untuk memaksimalkan penggunaan kolom tersebut, dalam penelitian ini dicoba dikaji terhadap kemungkinan pemisahan ^{99m}Tc dari ^{99}Mo dengan metode ini untuk dibuat seperti sistem generator yaitu ^{99m}Tc bisa diperoleh setiap hari dengan tidak mengganti kolom alumina asam, tetapi kolom tersebut diregenerasi. Dalam rangkaian proses pemisahan ^{99m}Tc tersebut, kolom alumina asam akan diberi perlakuan yang berbeda yaitu dialiri asam nitrat 0,1 N terlebih dahulu sebelum dilakukan pengelusan. Parameter

pengujian yang dilakukan adalah kejernihan larutan, % *recovery*^{99mTc} dibandingkan terhadap ^{99mTc} awal (fasa MEK), pH, kemurnian radiokimia dan kemurnian radionuklida.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: MoO₃ hasil iradiasi, NaOH (*Merck*), asam nitrat 65% (*Merck*), metanol (*Merck*), alumina basa (E. Merck), alumina asam (E. Merck), metil etil keton (*Merck*), HNO₃ (E. MERCK), larutan salin (NaCl 0,9%) dan aquades (IPHA), kertas Whatman No.1 dan No.3, glass wool, kertas indikator pH universal (*Merck*).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: neraca analitik (*Sartorius*), corong pisah (*Pyrex*), peralatan gelas (Beaker glass 100 ml, Erlenmeyer 100 ml, gelas ukur 50 ml, labu ukur 50 ml, (*Pyrex*)), pipet tetes plastik, spatula, syringe 5 cc, kolom kromatografi, statif, pinset, kontiner, botol vial 5 dan 10 ml, kompor penangas, chamber, *dose calibrator ATOMLAB™ 100 plus (BIODEX)*, spektrometer gamma *Canberra 1000* dengan detektor Germanium kemurnian tinggi (*HPGe (Canberra Industries Inc)*), *Imaging Scanner AR-200 (Bioscan)*.

Pelarutan Mo

MoO₃ hasil iradiasi sebanyak 2 g dilarutkan dengan 6 ml NaOH 6 N. Setelah MoO₃ terlarut, kemudian diencerkan dengan menambahkan 40 ml larutan NaOH 4 N.

Preparasi kolom alumina basa

Ditimbang sebanyak 3 g serbuk alumina basa kemudian dicuci dengan MEK. Pada dasar kolom (ukuran p = 15 cm, d = 1 cm) dimasukkan glass wool yang telah terlebih dahulu direndam dengan metil etil keton. Serbuk alumina basa dipipet ke dalam kolom, kemudian dialiri dengan 10 ml MEK. Setelah alumina memadat dimasukkan glass wool pada lapisan atas alumina basa.

Preparasi kolom alumina asam

Ditimbang sebanyak 2 g serbuk alumina asam. Pada kolom pertama serbuk

alumina asam terlebih dahulu direndam dengan asam nitrat 0,1 M. Disiapkan kolom kromatografi (ukuran p = 15 cm, d = 1 cm) yang telah berisi glass wool pada dasar kolom kemudian hasil perendaman dilewatkan ke dalam kolom. Setelah alumina memadat dimasukkan glass wool pada lapisan atas alumina asam. Didiamkan selama beberapa jam kemudian dielusi dengan 10 ml metil etil keton.

Pengelusian kolom alumina asam

Dalam pengelusian, dilakukan perlakuan berbeda terhadap kolom 1 dan 2 yaitu

- A. Pada kolom 1, setelah elusi hari ke 1, dilakukan regenerasi kolom dengan cara mengalirkan larutan HNO₃ 0,1 N sebanyak 10 ml. Regenerasi dilakukan pada hari ke 2, 3, 4 dan 5.
- B. Pada kolom 2, pemurnian hari ke 1,2, 3,4 dan 5 dilakukan tanpa mengalami perlakuan regenerasi dengan penambahan larutan HNO₃ 0,1 N

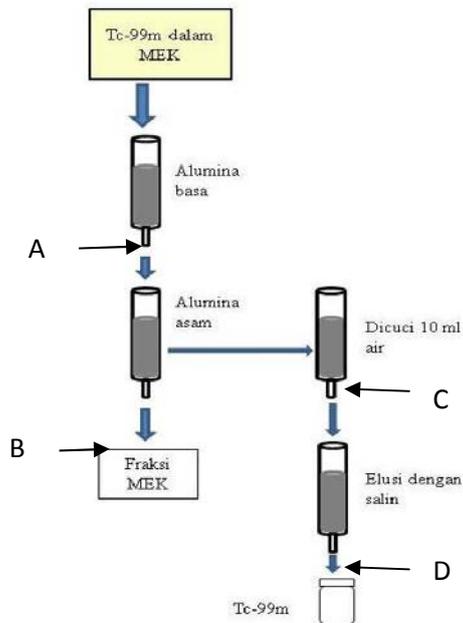
Kendali kualitas ^{99mTc} hasil pemurnian

Terhadap ^{99mTc} dilakukan uji kualitas dengan cara melakukan pemeriksaan :

- A. Pemeriksaan pH
- B. Persen (%) *recovery*
- C. Kemurnian radiokimia
- D. Kemurnian radionuklida

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pemurnian radionuklida ^{99mTc} hasil ekstraksi MEK secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 1. Dari rangkaian proses tersebut, untuk melihat dan menelusuri aktivitas ^{99mTc} yang hilang selama proses pemurnian dilakukan pengukuran aktivitas ^{99mTc} masing-masing pada tahap A, B, C dan D, sehingga dengan demikian akan bisa ditelusuri pada bagian tahap mana yang perlu diperbaiki untuk bisa memaksimalkan *recovery* dari ^{99mTc}. Semua perhitungan aktivitas ^{99mTc} pada semua tahap diacu pada waktu yang sama. Aktivitas awal radionuklida ^{99mTc} yang digunakan dalam penelitian ini berkisar antara 40 – 50 mCi seperti yang terlihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Bagan proses pemisahan ^{99m}Tc dari ⁹⁹Mo hasil aktivasi menggunakan kolom alumina (asam dan basa).

- A = ^{99m}Tc dalam MEK setelah lewat kolom alumina basa
- B = ^{99m}Tc dalam MEK setelah lewat kolom alumina asam
- C = ^{99m}Tc yang terdapat dalam fasa air hasil pencucian kolom alumina asa
- D = ^{99m}Tc dalam larutan salin

Tabel 1. Aktivitas ^{99m}Tc Hasil Ekstraksi yang digunakan untuk pemurnian

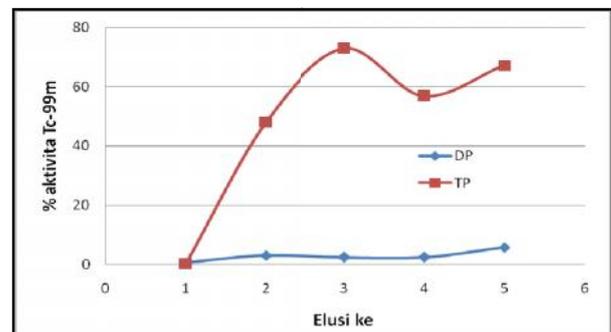
PARAMETER	AKTIVITAS ^{99m} Tc YANG DIGUNAKAN PADA HARI KE (mCi)				
	1	2	3	4	5
Dengan perlakuan HNO ₃ 0,1 N (DP)	47,9	35,4	27,7	20,9	15,71
Tanpa perlakuan HNO ₃ 0,1 N (DP)	51,5	33,7	27,7	19,35	15,9

Tabel 2. Hasil pemeriksaan pH

Elusi hari ke	pH	
	DP	TP

1	5	5
2	5	5
3	5	5
4	4,5	5
5	4,5	5

Pemeriksaan pH terhadap larutan ^{99m}Tc hasil elusi dilakukan menggunakan kertas indikator pH dengan hasil seperti yang terlihat pada Tabel 2 yaitu ~ 4,5 – 5. Kisaran harga pH tersebut masih normal karena pH sediaan radiofarmaka yang dapat digunakan adalah 4 – 8 [7]



Gambar 2. % Aktivitas ^{99m}Tc hasil elusi MEK dari kolom alumina asam

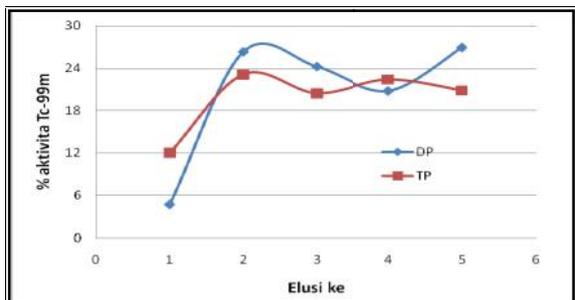
Keterangan :

DP = kolom kromatografi alumina asam dengan perlakuan HNO₃ 0,1 N

TP = kolom kromatografi alumina asam tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 N

Hasil persentase aktivitas ^{99m}Tc dari 5 kali elusi yang terdapat pada fasa MEK baik untuk kolom alumina asam yang mengalami perlakuan dengan HNO₃ 0,1 M (DP) dan tanpa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N (TP) ditunjukkan pada Gambar 3. Terlihat nyata sekali bahwa pengaruh perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N berdampak pada persentase ^{99m}Tc pada eluat dimana hanya 0,5 – 6 % radionuklida ^{99m}Tc yang ikut terelusi dengan MEK pada kolom alumina asam yang mengalami perlakuan dengan HNO₃ 0,1 M (DP) dan 0,5 – 73 % ^{99m}Tc terelusi dengan MEK pada kolom alumina asam tanpa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 M (TP). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N menjaga keasaman dari kolom alumina sehingga sebagian besar ^{99m}Tc sebagai ^{99m}TcO₄⁻ (94 -99,5 %)

masih tertahan dalam kolom sedangkan pada kolom tanpa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N menyebabkan keasaman alumina sudah tidak terjaga lagi sehingga tidak terjadi pertukaran ion yang mengakibatkan ^{99m}TcO₄⁻ ikut terelusi bersama dengan MEK. Perbedaan pengaruh ke 2 perlakuan tersebut bisa dilihat pada elusi ke 1 dan 2 dimana pada elusi ke 1 ^{99m}Tc yang terelusi bersama MEK antara DP dan TP tidak jauh berbeda (DP= 0,56 % dan TP=0,3%) sedangkan pada elusi ke 2 berbeda jauh sekali (DP=3 % dan TP=48,11 %).



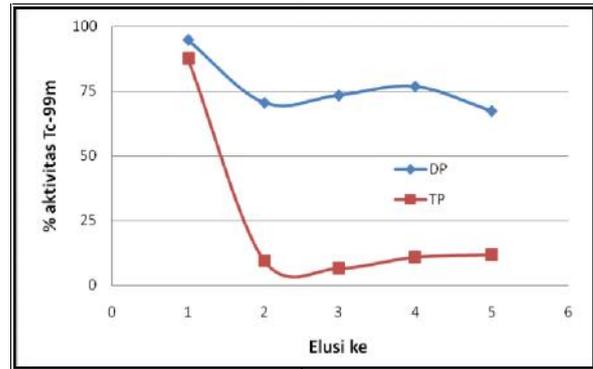
Gambar 3. % Aktivitas ^{99m}Tc dalam air cucian kolom alumina asam

Keterangan :

DP = kolom kromatografi alumina asam dengan perlakuan HNO₃ 0,1 N

TP = kolom kromatografi alumina asam tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 N

Hasil persentase aktivitas ^{99m}Tc yang terdapat pada fasa air cucian untuk kolom alumina asam yang mengalami perlakuan dengan HNO₃ 0,1 M (DP) dan tanpa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N (TP) ditunjukkan pada Gambar 3. Dilihat dari persentase aktivitas ^{99m}Tc yang terdapat pada fasa air cucian dari 5 kali elusi untuk DP adalah 4 – 26,9 % sedangkan untuk TP adalah 12 – 23 %. Dari data yang diperoleh tersebut diketahui bahwa perbedaan yang nyata hanya terlihat pada pecucian kolom hari pertama (DP=4 % dan TP = 12 %) sedangkan pada hari ke 2 sampai ke 5 persentasenya tidak jauh beda yaitu antara 20 % sampai 27 %. Dari hasil perhitungan, persentase aktivitas ^{99m}Tc yang masih terdapat dalam kolom alumina asam pada elusi 1 sampai 5 ditunjukkan pada Gambar 4, yaitu berkisar antara 94,7-67,4 % untuk DP dan 87,7 – 6,6 % untuk TP.

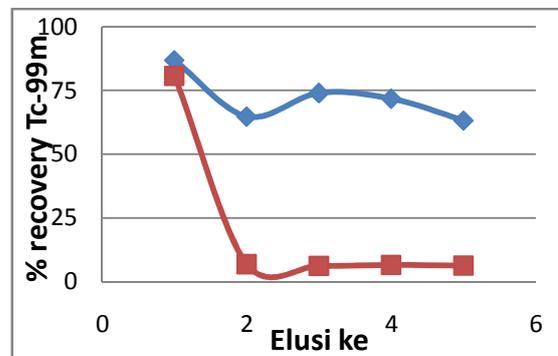


Gambar 4. % Aktivitas ^{99m}Tc pada kolom alumina asam

Keterangan :

DP = kolom kromatografi alumina asam dengan perlakuan HNO₃ 0,1 N

TP = kolom kromatografi alumina asam tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 N



Gambar 5. % recovery ^{99m}Tc pada hasil elusi dengan larutan salin (15 ml)

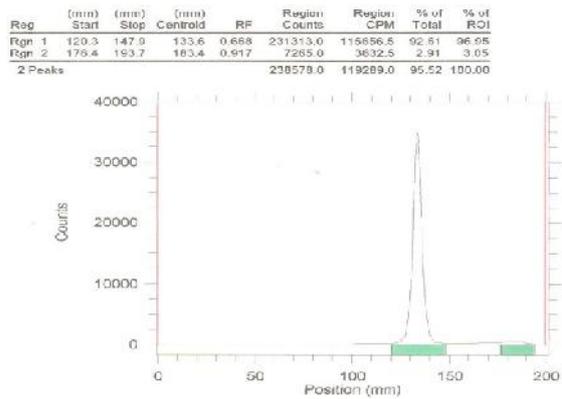
Keterangan :

DP = kolom kromatografi alumina asam dengan perlakuan HNO₃ 0,1 N

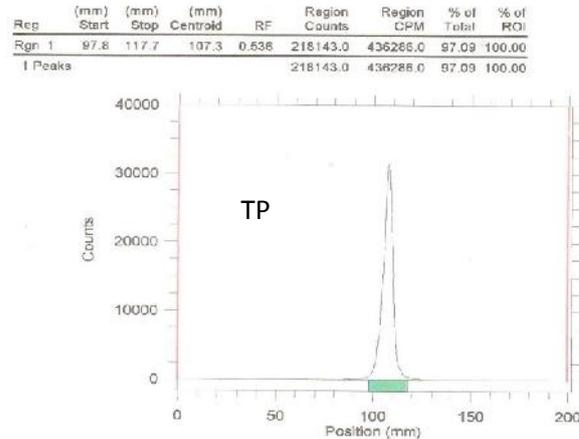
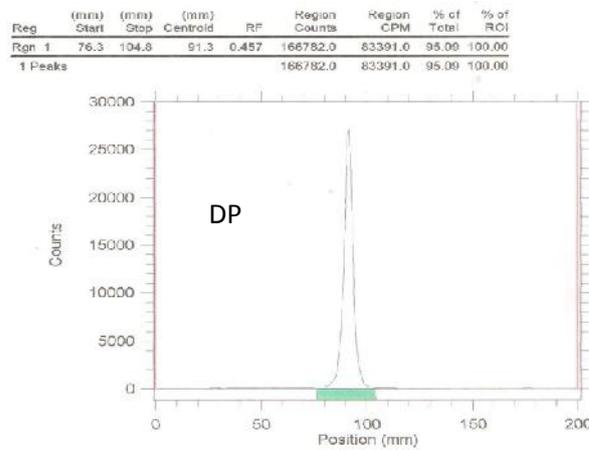
TP = kolom kromatografi alumina asam tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 N

Persen *recovery* ^{99m}Tc hasil elusi dengan larutan salin dari kolom alumina asam yang mengalami perlakuan dengan HNO₃ 0,1 M (DP) dan tanpa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N (TP) ditunjukkan pada Gambar 5. Persen *recovery* ^{99m}Tc hasil elusi pada hari pertama untuk dengan dan tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 N tidak berbeda jauh yaitu masing-masing 86,8 % dan 80,7 % . Perbedaan yang nyata dari % *recovery* ^{99m}Tc terjadi pada hari ke 2 sampai hari ke 5 elusi dimana hasil elusi pada hari pertama dengan perlakuan HNO₃ 0,1 N adalah 63,2 – 74 % sedangkan untuk tanpa perlakuan

dengan HNO₃ 0,1 N berkisar antara 6,2 – 6,8 %.



Gambar 6. % kemurnian radiokimia ^{99m}Tc pada hasil elusi MEK kolom alumina basa



Gambar 7. % kemurnian radiokimia ^{99m}Tc pada hasil elusi salin kolom alumina asam

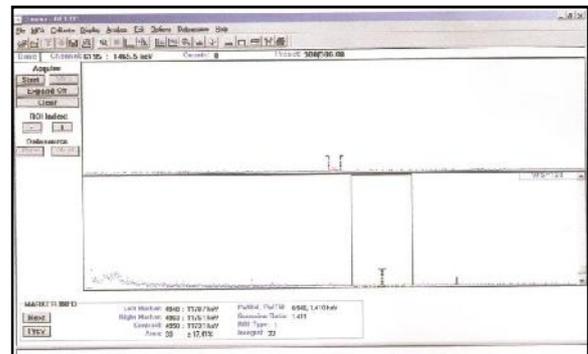
Keterangan :

DP = kolom kromatografi alumina asam dengan perlakuan HNO₃ 0,1 N

TP = kolom kromatografi alumina asam tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 N

Hasil pemeriksaan terhadap kemurnian radiokimia ^{99m}Tc dari kolom

alumina asam yang mengalami perlakuan dengan HNO₃ 0,1 M (DP) dan tanpa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N (TP) ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7. Pemeriksaan kemurnian radiokimia hanya dilakukan pada fasa MEK dari kolom alumina asam dan juga pada ^{99m}Tc hasil elusi dengan salin sebagai produk akhir. Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan bahwa tidak ada perbedaan persentase kemurnian ^{99m}Tc antara yang mendapat perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N dan tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 N yaitu keduanya lebih besar dari 95 % [7-9].



Gambar 8. % kemurnian radionuklida ^{99m}Tc pada hasil elusi MEK kolom alumina basa

Hasil pemeriksaan terhadap kemurnian radionuklida dilakukan pada ^{99m}Tc hasil elusi fasa MEK dari kolom alumina basa menggunakan spektrometer gamma dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 8. Dari hasil spektrum yang diperoleh tidak terlihat adanya puncak pada energi 366 keV ataupun pada 739,5 keV yang merupakan energi spesifik untuk radionuklida ⁹⁹Mo, sehingga dengan demikian pemeriksaan kemurnian radionuklida hanya dilakukan pada hasil elusi MEK kolom alumina asam saja tidak dilakukan lagi pada produk akhir. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ^{99m}Tc yang diperoleh adalah murni dan tidak mengandung ⁹⁹Mo sebagai radionuklida induknya.

Tabel 3. Rangkuman Hasil

Dengan perlakuan HNO ₃ 0.1 N						
No	Parameter (%)	Elusi ke				
		1	2	3	4	5
1.	^{99m} Tc dalam eluat MEK alumina asam (%)	0.561±0.348	3.000±2.205	2.347±1.510=	2.384±1.196	5.641±1.901
2.	^{99m} Tc dalam air bilasan 10 ml (%)	4.693±2.633	26.322±7.558	24.243±6.408	20.785±3.139	26.948±3.183
3.	^{99m} Tc dalam kolom alumina asam (%)	94.742±2.986	70.578±10.620	73.410±4.898	76.831±1.943	67.411±5.085
4.	Rendemen ^{99m} Tc (%)	86.844±1.957	64.747±10.747	73.995±3.940	71.787±3.589	63.202±7.570
Tanpa perlakuan HNO ₃ 0.1 N						
1.	^{99m} Tc dalam eluat MEK alumina asam (%)	0.298±0.032	48.111±5.978	72.998±6.997	56.839±15.441	67.262±0.225
2.	^{99m} Tc dalam air bilasan 10 ml (%)	12.005±4.661	23.083±0.256	20.423±2.158	22.363±1.628	20.824±0.987
3.	^{99m} Tc dalam kolom alumina asam (%)	87.697±4.630	9.621±0.074	6.578±4.839	10.889±0.198	11.914±0.762
4.	Rendemen ^{99m} Tc (%)	80.703±4.454	6.889±0.091	6.208±0.039	6.546±0.061	6.317±0.138

KESIMPULAN

Dari beberapa hasil pemeriksaan terhadap produk akhir ^{99m}Tc yang telah dimurnikan dengan kolom alumina asam dan juga melihat dari data-data yang diperoleh selama proses pemurnian, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. % *recovery* dari kolom alumina asam dengan perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N menghasilkan rendemen yang cukup signifikan yaitu > 60 % dari aktivitas asal yang terdapat pada hasil ekstraksi dengan MEK
2. % *recovery* dari kolom alumina asam tanpa perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N menurun drastis mulai dari elusi ke 2 sampai ke 5
3. Persentase fraksi ^{99m}Tc dalam air bilasan baik untuk perlakuan dengan HNO₃ 0,1 N maupun tanpa perlakuan HNO₃ 0,1 masih tinggi yaitu antara 20-27 % pada hari ke 2 sampai 5 elusi.
Dengan melihat hasil tersebut, perlu dilakukan perbaikan dalam rangka untuk menaikkan % *recovery* dan salah satunya adalah dengan meminimalkan % aktivitas ^{99m}Tc yang terdapat pada air bilasan dari kolom alumina asam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dra. Siti Darwati Kepala PTRR, Bapak DR. Rohadi Awaludin Kepala Bidang TRF, Bapak Hambali Bapak Abidin serta berbagai pihak yang tidak dapat kami sebutkan semuanya yang telah membantu proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Mutalib, G..F. Vandegrift, C. Conner, A.H. Gunawan, H. Lubis, A. Sukmana, B. Purwadi, K. Wisnukaton, T., Jatmiko, Sriyono, Pengembangan Proses Produksi Molibdenum-99 hasil Fisi dengan Menggunakan Target Foil Logam Uranium Pengkayaan Rendah, Jurnal Radioisotop dan Radiofarmaka, Vol. 3, No.1 (2000), 1-28.
2. Adang H.G., Abdul Mutalib, Hotman L., Budi B., Sriyono, Hambali, Abidin, Mohamad Subur, Boy Bul, Modifikasi Teknologi Produksi Generator Mo-99/Tc-99m dengan Menggunakan Kolom Sistem Kering BerbasisMolibdenum-99 dari Target Foil LogamUraniumPengkayaanRendah,

- Laporan Program Insentif Nomor 3 025/KP/D.PSIPTN/Insentif/I/2009, 13-15.
3. A. Mutalib, A.H. Gunawan, H. Lubis, R. Awaludin, Hamid, Sulaeman, K. Ishikawa, K. Sumiya, K. Yoshida and K. Tatenuma, Development of Practical (n, gamma) Mo-99/Tc-99m Generators, Proceedings of the 6th Nuclear Energy Symposium, Serpong, Indonesia, 2001, 1-6.
 4. Sriyono, Hotman, Herlina, Yono S., Abidin, Adang H.G, A.Mutolib, Rohadi A., Hambali, Sulaiman, M.Subur, Pemekatan Larutan ^{99m}Tc Hasil Elusi Generator (n,) ⁹⁹Mo/^{99m}Tc Berbasis Poly Zirkonium Compound dengan Cara Ekstraksi, Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir 2011. ISSN 1410-8178: 157
 5. Sankha c., Malay K.D.(2008), A novel technique for the effective concentration of ^{99m}Tc from a large alumina column loaded with low specific-activity (n, γ)-produced ⁹⁹Mo, Applied Radiation and Isotopes 66 (2008) 1295 – 1299.
 6. Sankha C., Sujata S.D., Luna Barua (2010), A simple and rapid technique for recovery of ^{99m}Tc from Low specific activity (n, γ)⁹⁹Mo based on solvent extraction and column chromatography, Applied Radiation and Isotopes 68 (2010) 1 – 4
 7. Ilse Zolle , Technetium-99m Pharmaceuticals, Preparation and Quality Control in Nuclear Medicine, Springer Berlin Heidelberg 2007.
 8. M. Asif, A. Mustaq (2010), Evaluation of highly loaded low specific activity ⁹⁹Mo on alumina column as ^{99m}Tc generator, J. Radioanal Nucl. Chem.(2010) 284 : 439-442.
 9. ANONIM , Quality Control Manual Mo-99/Tc-99m Generator , Medi Physics Inc.