



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 Yb²⁰³ 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 <i>In Vitro</i>	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	

PEMISAHAN RADIOISOTOP TERAPI ^{188}Re DARI ^{188}W MELALUI KOLOM GENERATOR $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ BERBASIS MBZ

Sriyono, Herlina, Endang Sarmini, Hambali, Indra Saptiama

Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN
Gedung 11, Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan 15314
Telp. 021-7564131, Fax. 021-7564131
sriyonopr@batan.go.id

ABSTRAK

PEMISAHAN RADIOISOTOP TERAPI ^{188}Re DARI ^{188}W MELALUI KOLOM GENERATOR $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ BERBASIS MBZ. Rhenium-188 (^{188}Re) adalah jenis radioisotop bebas pengemban dengan waktu paro 16,98 jam, pemancar partikel beta pada energi maksimum 2,12 MeV (100%) sehingga cocok digunakan untuk terapi kanker termasuk paliatif nyeri tulang dan terapi radiasi intravascular. Pada umumnya, radioisotop ^{188}Re diperoleh dari hasil peluruhan radioisotop Tungsten-188 (^{188}W) ($t_{1/2} = 69,4$ hari) yang diserap pada kolom generator yang berisi alumina. Sebagai radioisotop induk, ^{188}W biasanya dihasilkan dengan cara aktivasi neutron dengan bahan target tungsten metal atau tungsten oksida yang diperkaya ^{186}W hingga >95% di dalam reaktor nuklir yang mempunyai fluks neutron tinggi ($>10^{15}$ n/cm²/detik). Tujuan penelitian ini adalah memisahkan ^{188}Re dari radioisotop induk ^{188}W melalui kolom generator berisi material berbasis zirkonium (MBZ). MBZ disintesis melalui reaksi hidrotermal antara ZrCl_4 dengan isopropilalkohol. ^{188}W yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil aktivasi neutron terhadap tungsten oksida alam di dalam reaktor G.A. Siwabessy dengan fluks neutron $1,2 \times 10^{14}$ n/cm²/detik selama ± 15 hari. Selanjutnya kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ dielusi dengan larutan NaCl 0,9% seminggu sekali selama ± 3 bulan dan diperoleh larutan sodium perenat yang jernih tak berwarna, pH = 3. Dari dua kolom yang dipakai dalam percobaan ini, yield ^{188}Re rata-rata masing-masing 88,4% dan 73,4%, kemurnian radionuklida 100% (lolosan ^{188}W tidak terdeteksi), dan rata-rata kemurnian radiokimia masing-masing >98%. ^{188}Re telah berhasil dipisahkan melalui kolom generator MBZ.

Kata Kunci : Material Berbasis Zirkonium (MBZ), Rhenium-188, Radioisotop Terapi, Tungsten-188.

ABSTRACT

SEPARATION OF THERAPEUTIC RADIOISOTOPE ^{188}Re FROM ^{188}W THROUGH A MBZ-BASED $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ GENERATOR COLUMN. Rhenium-188 is a typical carrier-free radioisotope with a half life of 16.98 hours, emitting beta particle with maximum energy of 2.12 MeV (100%) so it is suitable for cancer therapy including palliative radiotherapy for bone metastases and also intravascular radiation therapy. Generally, ^{188}Re radioisotope is obtained from the decay of Tungsten-188 ($t_{1/2} = 69.4$ days) absorbed in the alumina column. As parent radioisotope, Tungsten-188 is produced by neutron-activated tungsten metal or tungsten oxide which is enriched with ^{186}W of up to 95% as material target in a nuclear reactor core that has high neutron flux ($> 10^{15}$ n/cm²/sec). The purpose of this study is to separate ^{188}Re from ^{188}W as parent radioisotope through a generator column which contains Zirconium Based Material (MBZ). The MBZ was synthesized through hydrothermal reaction between ZrCl_4 and isopropyl alcohol. ^{188}W used in this study was the result of neutron-activated natural tungsten oxide in the G.A.Siwabessy reactor with neutron flux of 1.2×10^{14} n/cm²/sec for 15 days. Furthermore, the MBZ-based $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ generator column was eluted with 0.9 % NaCl solution once a week for 3 months and which resulted in clear colorless-perhenat solution with pH =3. Of the two columns used in this experiment, the yield of ^{188}Re was 88.4 % and 73.4 % respectively, the radionuclide purity was 100 % (^{188}W breakthrough not detected) each and the radiochemical purity was in average >98 %. ^{188}Re has been successfully separated by MBZ column generator.

Key word : Zirconium Based Material (MBZ), Rhenium-188, Radioisotope Therapy, Tungsten-188.

PENDAHULUAN

Radioisotop adalah isotop tidak stabil atau radioaktif dari suatu unsur yang dapat berubah menjadi unsur lain dengan memancarkan radiasi atau partikel bermuatan. Banyak kegunaan radioisotop di berbagai bidang diantaranya adalah bidang kesehatan untuk keperluan diagnosa dan terapi tumor. Untuk keperluan terapi dan diagnosa, diperlukan radioisotop yang bebas pengemban dan mempunyai waktu paro ($t_{1/2}$) yang relatif pendek misalnya Rений-188 (^{188}Re) yang mempunyai $t_{1/2} = 16,98$ jam. Radioisotop ^{188}Re merupakan radionuklida bebas pengemban karena merupakan anak luruh dari radioisotop induk tungsten-188 (^{188}W), selain itu juga memancarkan partikel beta yang kuat ($E_{\text{max}} = 2,12$ MeV, 100%) yang digunakan untuk tujuan terapi tumor, dan memancarkan radiasi gamma ($E = 155$ KeV, 15%) yang dapat memberikan gambar yang ideal pada kamera gamma saat pencitraan tumor, serta mempunyai sifat kimia yang mirip dengan Teknesium (Tc) karena berada dalam golongan yang sama di sistem berkala (golongan VII), sehingga metode penandaan sediaan radiofarmaka dengan teknesium diharapkan bisa juga dipakai untuk renium. Salah satu metoda untuk mendapatkan radioisotop tersebut adalah kolom kromatografi yaitu metoda untuk memisahkan radioisotop anak dari radioisotop induk yang berumur paro lebih panjang seperti ^{188}Re yang merupakan radioisotop anak dari ^{188}W ($t_{1/2} = 69,4$ hari). Perangkat untuk memisahkan radioisotop anak dari radioisotop induknya tersebut dinamakan generator.^[1, 2, 3]

Radioisotop ^{188}W diserapkan ke dalam material berbasis zirkonium (MBZ) yaitu bahan penyerap hasil sintesis melalui reaksi *hydrothermal* antara ZrCl_4 dengan *isopropyl alcohol*, kemudian MBZ tersebut di-*loading* ke dalam kolom generator. Dalam penelitian ini telah dikembangkan generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ menggunakan ^{188}W hasil aktifasi neutron ganda terhadap sasaran tungsten oksida (WO_3) alam.

Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ tersebut, kemudiandielusi dengan larutan NaCl 0,9% untuk mengeluarkan ^{188}Re dalam bentuk sodium perenat ($\text{Na}^{188}\text{ReO}_4$) yang akan digunakan untuk terapi dan sekaligus untuk pencitraan. Di dalam negeri pemanfaatan generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ belum bisa ditawarkan di lingkungan kedokteran nuklir karena teknik pembuatan radioisotop induk ^{188}W dan preparasi generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ belum dikuasai.

Sebagai radioisotop induk, ^{188}W hanya bisa dibuat melalui reaksi penangkapan neutron ganda terhadapsasaran tungsten-186 (^{186}W) alam atau diperkaya hingga >95% di dalam reaktor nuklir yang mempunyai fluks neutron tinggi $>10^{15}$ n/cm²/detik, dan reaksi yang terjadi adalah $^{186}\text{W}(n,\gamma)^{187}\text{W}(n,\gamma)^{188}\text{W}$.^[4] Dalam penelitian ini, pembuatan radioisotop induk ^{188}W digunakan sasaran WO_3 alam yang diiradiasi di reaktor G.A. Siwabessy pada fluks neutron termal sebesar $1,2 \times 10^{14}$ n/cm²/detik selama ± 15 hari. Kemudian radioisotop ^{188}W yang terbentuk diserapkan ke dalam MBZ yang selanjutnya di-*loading* ke dalam kolom generator. Kolom Generator tersebut secara periodik dielus dengan larutan NaCl 0,9% untuk mengeluarkan radioisotop ^{188}Re yang merupakan anak luruh dari ^{188}W . Kolom generator tersebut dinamakan kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ.

METODOLOGI

Bahan dan Peralatan

Serbuk tungsten oksida (WO_3) alam dari *Kanto Chemical Co. Inc. Japan* sebagai sasaran untuk pembuatan radioisotop induk ^{188}W , semua bahan kimia Sodium hidroksida, Hidrogen peroksida 30%, Asam klorida 32% adalah pro analisis dari *Merck*, aquabidest dan larutan salin (NaCl 0,9%) diperoleh dari *IPHA-Laboratories* sedangkan sebagai penyerap ^{188}W digunakan material berbasis zirkonium (MBZ) hasil sintesis PTRR-BATAN. Semua peralatan gelas yang digunakan dari *pyrex*.

Untuk penimbangan sasaran digunakan timbangan analitik ACCULABALC-110.4, fasilitas *hotcells* yang dilengkapi dengan *master slave manipulator* untuk proses penanganan dan pelarutan sasaran teriradiasi, pengukuran radioaktivitas ^{188}Re dan pengukuran kemurnian radionuklida digunakan spektrometer gamma yang dilengkapi dengan analisator saluran ganda model *Canberra 1000* dan detektor Germanium kemurnian tinggi (HPGe) dari *Canberra Industries Inc.*, serta perangkat lunak MCA *Genie 2000 VDM*. Sistem spektrometer sinar γ dikalibrasi menggunakan standar sumber tertutup ^{133}Ba (302,85 keV, 356,01 keV), ^{137}Cs (661,64 keV) dan ^{60}Co (1173,23 keV dan 1332,51 keV) dari *Du Pont*. Untuk menentukan kemurnian radiokimia digunakan *Gamma Counter Model 600B GAMMATEC II, The Nucleus, Inc. OAK RIDGE, TN.*, sedangkan untuk penentuan waktu paro digunakan *dose calibrator ATOMLAB[®] 100*.

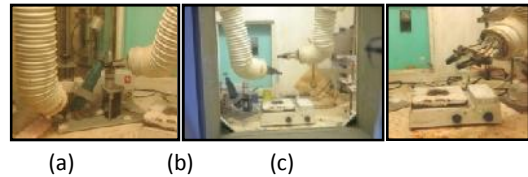
Cara Kerja

Preparasi Radioisotop ^{188}W

Sasaran dikemas dalam ampul kuarsa dan ditutup dengan cara pengelasan kaca kemudian dikemas lagi dalam *inner capsule* dari bahan aluminium derajad nuklir dan diuji kebocorannya dengan cara uji gelembung (*bubble test*). Setelah dinyatakan tidak bocor, *inner capsule* tersebut dimasukkan ke dalam kapsul iradiasi dari bahan aluminium derajad nuklir kemudian diserahkan ke PRSG – BATAN untuk diiradiasi dengan melampirkan isian formulir permohonan iradiasi dan sertifikat hasil uji kebocoran.^[5]

Paska iradiasi, sasaran dibiarkan selama ± 20 hari untuk menghilangkan radioisotop ^{187}W yang terbentuk sehingga hanya tinggal ^{188}W dan anak luruhnya ^{188}Re . Kemudian sasaran teriradiasi dikeluarkan dari kemasan kapsul iradiasi dan dilarutkan dengan larutan H_2O_2 30% dan larutan NaOH 4N sambil dipanaskan di bawah titik didihnya seperti pada Gambar 1. Setelah

sasaran teriradiasi larut sempurna, larutan sodium tungstat didinginkan hingga temperatur kamar kemudian diukur volume totalnya menggunakan *syringe*. Selanjutnya larutan tungstat dicuplik dan dicacah menggunakan spektrometer gamma untuk menentukan total radioaktivitas ^{188}W dan ^{188}Re yang diperoleh serta kandungan logam tungsten dalam larutan untuk menentukan aktifitas jenis radioisotop ^{188}W .



Gambar 1. Proses pelarutan sasaran WO_3 alam teriradiasi di dalam *hot cells*
(a) Pematangan ampul kuarsa yang berisi sasaran teriradiasi
(b) Pelarutan sasaran teriradiasi
(c) Larutan sodium tungstat hasil pelarutan

Penyerapan larutan tungstat pada PZC

Metode penyerapan tungstat kedalam material berbasis zirkonium (MBZ) dalam kegiatan ini mengadopsi metode yang dilakukan oleh *H. Matsuoka*, dkk.^[6] dan juga yang dilakukan oleh Adang HG., dkk.^[2] Larutan tungstat hasil pelarutan sasaran WO_3 alam teriradiasi diatur pH-nya hingga netral dengan menambahkan larutan HCl secara perlahan-lahan. Larutan tungstat tersebut selanjutnya diserapkan ke dalam MBZ dalam wadah *erlenmeyer* kemudian dipanaskan dalam penangas minyak (*oil bath*) pada temperatur $\pm 90^\circ\text{C}$ selama 3 jam seperti Gambar 2.



Gambar 2. Proses penyerapan tungstat ke dalam MBZ dengan pemanasan selama 3 jam

Setelah proses penyerapan selesai, *erlenmeyer* diangkat dari penangas minyak dan dibiarkan sampai temperatur kamar. Cairan dipisahkan dari padatnya dengan cara dekantasi kemudian padatan dicuci dengan aquabidest sampai cairan jernih, selanjutnya cairan diukur volumenya dan dicuplik untuk menentukan radioaktivitas ^{188}W yang masih lolos (tidak terserap dalam MBZ) menggunakan spektrometer gamma. Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk menentukan jumlah tungsten yang terserap dalam MBZ.

Preparasi Kolom Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Berbasis MBZ

Padatan dalam *erlenmeyer* tersebut di atas, selanjutnya di-*loading* ke dalam kolom *fritted* ukuran 100 x 10 mm kemudian ditutup kedua ujungnya dengan karet septa dan di-*crimp* dengan *aluminium seal*, kemudian kolom tersebut dinamakan Kolom Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Berbasis MBZ (Gambar 3). Kolom dielusi dengan 2 x 10 ml larutan salin (NaCl 0,9%) untuk mengeluarkan semua perenat yang telah terbentuk dan pada akhir elusi dengan larutan salin dicatat sebagai titik awal (t_0) pertumbuhan radionuklida ^{188}Re . Kemudian dibiarkan selama ± 4 hari untuk masa pertumbuhan ^{188}Re .



Gambar 3. Kolom Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Berbasis MBZ

Proses Elusi Kolom Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Berbasis MBZ

Setelah masa pertumbuhan tercapai, radioisotop ^{188}Re yang terbentuk dalam kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ dikeluarkan dengan mengelusikan 10 x 1 ml larutan salin (NaCl 0,9%) secara fraksinasi seperti pada Gambar 4 dan masing-masing fraksi diukur aktifitas ^{188}Re nya

menggunakan spektrometer gamma untuk menentukan profil elusinya.



Gambar 4. Proses elusi kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ

Radioisotop ^{188}Re hasil fraksinasi digabung dalam satu vial kemudian diukur pH-nya dan dicuplik untuk menentukan kemurnian radiokimianya dengan ditotolkan pada kertas kromatografi *Whatman* sebagai fase diam kemudian dicelupkan ke dalam tabung kromatografi yang telah diisi dengan larutan methanol 85% sebagai fase gerak (Gambar 5), selanjutnya dicacah dengan *Gamma Counter Model 600B GAMMATEC II, The Nucleus, Inc. OAK RIDGE, TN.*



Gambar 5. Proses migrasi perenat pada kertas kromatografi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Unsur Tungsten (W) di alam mempunyai komposisi isotop-isotop dengan kelimpahan () dan tampang lintang () seperti pada Tabel 1.^[7] Apabila diaktivasi dengan neutron di dalam reaktor akan membentuk radioisotop-radioisotop seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelimpahan isotop Tungsten Oksida (WO₃) alam dan reaksi aktivasi neutron yang terjadi dari sasaran isotop-isotopnya

Isotop	Kelimpahan (%)	Cross Section (barn) untuk reaksi (n,γ)	Reaksi inti	Radioisotop yang terbentuk	Waktu paroh (hari)	Energi Gamma	
						(MeV)	Intensitas (%)
¹⁸⁰ W	0,13	3,5	¹⁸⁰ W (n,γ) ¹⁸¹ W	¹⁸¹ W	121,2	0,152 0,136	0,08 0,04
¹⁸² W	26,3	20,7	¹⁸² W (n,γ) ¹⁸³ W	¹⁸³ W	Stabil	-	-
¹⁸³ W	14,3	10,2	¹⁸³ W (n,γ) ¹⁸⁴ W	¹⁸⁴ W	Stabil	-	-
¹⁸⁴ W	30,67	1,80 2	¹⁸⁴ W (n,γ) ¹⁸⁵ W	¹⁸⁵ W	75,1	0,125	0,02
¹⁸⁶ W	28,67	37,8	¹⁸⁶ W (n,γ) ¹⁸⁷ W	¹⁸⁷ W	0,992	0,060 0,061 0,069 0,071 0,072 0,135 0,206 0,239 0,246 0,480 0,511 0,552 0,618 0,626 0,686 0,745 0,773 0,864 0,880	5,03 8,70 2,96 0,75 10,77 8,56 0,12 0,07 0,11 21,12 0,62 4,92 6,07 1,05 26,39 0,27 3,98 0,32 0,24
¹⁸⁷ W	-	64	¹⁸⁷ W (n,γ) ¹⁸⁸ W	¹⁸⁸ W	69,4	0,227 0,291	0,22 0,40
			¹⁸⁸ W → ¹⁸⁸ Re	¹⁸⁸ Re	0,71	0,155 0,478 0,633 0,829 0,931	14,9 1,0 1,3 0,4 0,55

Pada Tabel 1 terlihat ada 5 radioisotop yang terbentuk yaitu ¹⁸¹W, ¹⁸⁵W, ¹⁸⁷W, ¹⁸⁸W dan ¹⁸⁸Re tetapi yang diperlukan hanya radioisotop ¹⁸⁸W dan ¹⁸⁸Re sedangkan ¹⁸⁷W dihilangkan dengan cara diluruhkan selama ±20 hari tujuannya juga untuk mengurangi paparan radiasi gamma yang dipancarkan oleh ¹⁸⁷W sehingga aman saat proses pelarutan sasaran, penyerapan tungstat dalam MBZ dan loading dalam kolom. Sedangkan radioisotop ¹⁸¹W dan ¹⁸⁵W akan tetap ada karena waktu parohnya lebih lama dari ¹⁸⁸W yaitu 121,2 hari dan 75,1 hari tetapi nantinya akan ikut terserap dalam MBZ.

Telah dilakukan dua kali iradiasi dengan neutron termal terhadap sasaran WO₃ alam masing-masing seberat 5 gram di fasilitas *Central Irradiation Position* (CIP) reaktor G.A. Siwabessy dengan kerapatan (fluks) neutron 1,2 x 10¹⁴ n/cm²/detik dengan waktu iradiasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data iradiasi sasaran WO₃ alam di Reaktor G.A. Siwabessy

No. Batch : RI-13-05-63-003				Keterangan
Iradiasi		Shut down		
Ke-	Waktu (hari)	Ke-	Waktu (hari)	
1	4,36	1	2,61	Iradiasi normal tanpa kendala
2	11,28	Decay selama 36,82 hari		
Jumlah	15,64			
No. Batch : RI-13-09-63-004				Iradiasi sering mengalami gangguan (<i>scram</i>)
1	4,55	1	9,43	
2	6,03	2	8,12	
3	4,27	Decay selama 50,7 hari		
Jumlah	14,85			

Seperti pada Tabel 2 bahwa telah dilakukan dua kali iradiasi sasaran WO₃ alam di dalam Reaktor G.A. Siwabessy dimana iradiasi pertama (Batch : RI-13-05-63-003) dilakukan iradiasi selama 15,64 hari dengan sekali *shutdown* selama 2,61 hari dan masa peluruhan (*decay*) selama 36,82 hari sedangkan iradiasi kedua (Batch : RI-13-09-63-004) selama 14,85 hari iradiasi, dua kali *shutdown* selama 17,55 hari dan peluruhan selama 50,7 hari. Dari kedua iradiasi tersebut dihasilkan radioisotop ¹⁸⁸W dalam bentuk sodium tungstat (Na₂¹⁸⁸WO₄) dengan aktivitas dan *yield* seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Larutan Sodium tungstat hasil dua kali iradiasi sasaran WO₃ alam

Parameter	Iradiasi	
	I	II
Berat sasaran WO ₃ alam(gram)	5	5
Lama iradiasi(hari)	15,64	14,85
Aktivitas ¹⁸⁸ W teoritis (saat EOI) ..(mCi)	44,45	35,17
Aktivitas ¹⁸⁸ W praktis saat EOI.....(mCi)	28,01	5,41
Aktivitas jenis ¹⁸⁸ W.....(Ci/g W)	0,005	0,001
<i>Yield</i> ¹⁸⁸ W yang dihasilkan.....(%)	63,01	15,38

Seperti yang terlihat pada Tabel 3 bahwa aktivitas ¹⁸⁸W yang diperoleh pada iradiasi pertama sebesar 28,01 mCi dengan *yield* 63,01% sedangkan pada iradiasi kedua hanya diperoleh ¹⁸⁸W dengan aktivitas 5,41 mCi dan *yield* 15,38%, ini disebabkan karena pola iradiasi yang berbeda dimana pada iradiasi pertama

reaktor hanya mengalami *shut down* 2,61 hari sedangkan pada iradiasi kedua reaktor mengalami *shut down* selama 17,55 hari dan pada iradiasi kedua reaktor sering mengalami gangguan (*scram*).

Hasil penyerapan sodium tungstat kedalam MBZ diperoleh dua buah kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ dengan spesifikasi/parameter seperti pada Tabel 4, yang selanjutnya akan dielusi dengan larutan salin untuk mengeluarkan perenat yang terbentuk setelah masa pertumbuhan ^{188}Re tercapai.

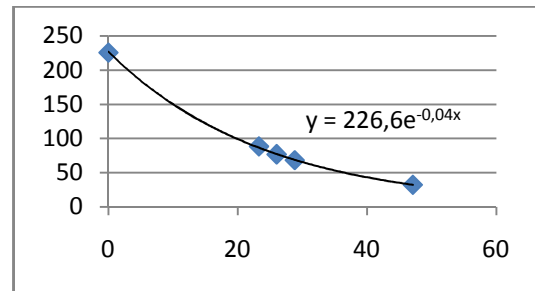
Tabel 4. Parameter Kolom Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Berbasis MBZ

Parameter	Kolom I	Kolom II
Volume larutan ^{188}W(ml)	20	20
Aktivitas ^{188}W dalam kolom.....(mCi)	0,59	0,49
Kandungan W total(mg)	1.367,2	1.092
Berat PZC : RI-13-09-011(g)	4,5	4,5
Kap. serap PZC : RI-13-09-011 .(mg/g)	236	201

Hasil elusi kedua kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ dengan cara fraksinasi menggunakan 10 x 1 ml larutan salin (NaCl 0,9%) setelah masa pertumbuhannya, diperoleh larutan sodium perenat ($\text{Na}^{188}\text{ReO}_4$) yang jernih tidak berwarna dengan pH = 3-4. Untuk membuktikan bahwa eluat yang diperoleh adalah $\text{Na}^{188}\text{ReO}_4$ adalah dengan melakukan pencacahan cuplikan eluat larutan sodium perenat tersebut menggunakan spektrometer gamma dan hasilnya hanya tampak satu puncak energi dari ^{188}Re pada 155 KeV saja seperti pada Gambar 6 selain itu dibuktikan juga dengan pengukuran aktifitas secara berulang menggunakan *dose calibrator* terhadap eluat $\text{Na}^{188}\text{ReO}_4$ untuk menentukan waktu paro dan ditunjukkan seperti pada Gambar 7 dimana hasil pengukuran tersebut diperoleh waktu paro ($t_{1/2}$) radioisotop ^{188}Re sebesar 16,90 jam sedangkan dari pustaka sebesar 16,98 jam jadi hanya selisih 0,01% dengan demikian radioisotop yang dihasilkan benar-benar ^{188}Re .

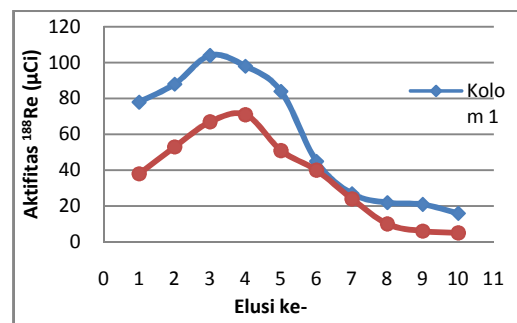


Gambar 6. Spektrum puncak energi- γ ^{188}Re hasil pencacahan eluat ^{188}Re menggunakan spektrometer gamma



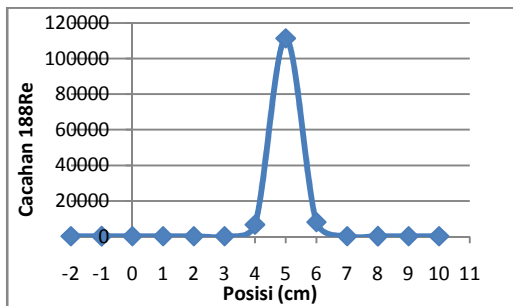
Gambar 7. Grafik peluruhan aktifitas ^{188}Re terhadap waktu

Kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ setelah dielusi secara fraksinasi dengan 10 x 1 ml larutan NaCl 0,9% diperoleh aktivitas ^{188}Re yang merata dan tidak semua ^{188}Re terelusi keluar sehingga *yield* ^{188}Re pada elusi pertama hanya 59,8%. Kemudian kolom dielusi dengan larutan NaOCl 5% untuk meningkatkan bilangan oksidasi ^{188}Re membentuk perenat yang mudah terelusi keluar dengan larutan salin sehingga diperoleh profil elusi yang bisa dilihat pada Gambar 8, dimana aktivitas ^{188}Re yang paling besar adalah pada Fraksi ke-2 sampai dengan ke-5.



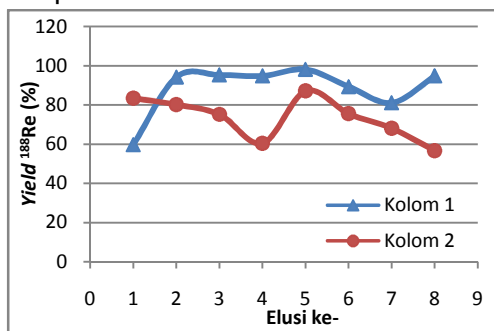
Gambar 8. Profil elusi eluat ^{188}Re dari Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ

Sedangkan hasil pengukuran kemurnian radiokimia terhadap eluat hasil elusi kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ menggunakan *Gamma Counter* bisa dilihat pada Gambar 9 dimana hasil pengukuran tersebut diperoleh kemurnian radiokimia ^{188}Re sebesar >98, % ini menunjukkan bahwa eluat tersebut murni sebagai sodium perenat ($\text{Na}^{188}\text{ReO}_4$).



Gambar 9. Kemurnian radiokimia hasil pencacahan perenat menggunakan *Gamma Counter*

Hasil pemantauan kedua kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis MBZ dengan mengelusnya sekali seminggu selama 3 bulan diperoleh *yield* ^{188}Re rata-rata masing-masing 88,4% dan 73,4% seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik persen *yield* Perenat ($^{188}\text{ReO}_4^-$) hasil elusi kolom generator yang dilakukan seminggu sekali

KESIMPULAN

Dari penelitian ini telah berhasil dilakukan dua kali iradiasi serbuk sasaran WO_3 alam masing-masing seberat 5 gram di reaktor G.A. Siwabessy yang mempunyai fluks neutron $1,2 \times 10^{14}$ n/cm²/detik selama 15,64 hari pada iradiasi pertama dan 14,85 hari pada iradiasi kedua dan diperoleh radionuklida ^{188}W dengan tingkat keradioaktifan masing-masing 28,01

dan 5,41 mCi dengan aktifitas jenis 0,005 dan 0,001 Ci/g W pada saat pengukuran. Disamping itu juga telah berhasil memisahkan radioisotop terapi ^{188}Re dari radioisotop induknya (^{188}W) dengan metode kolom kromatografi berbasis material berbasis zirkonium (MBZ) dan sampai tiga bulan masih bisa dielusi untuk mendapatkan radioisotop ^{188}Re bebas pengemban dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Radioisotop ^{188}Re bebas pengemban dalam bentuk larutan sodium perenat ($\text{Na}^{188}\text{ReO}_4$) yang jernih tidak berwarna
- pH larutan 3-4
- Yield ^{188}Re rata-rata 88,4% untuk iradiasi I dan 73,4% untuk iradiasi II
- Kemurnian Radionuklida 100% (Lolosan ^{188}W tidak terdeteksi)
- Kemurnian Radiokimia >98%

Dengan demikian teknologi pemisahan radioisotop terapi ^{188}Re dari ^{188}W dalam bentuk kolom generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis material berbasis zirkonium (MBZ) skala laboratorium telah berhasil dilakukan.

SARAN

Untuk memperoleh radioisotop ^{188}Re bebas pengemban yang bisa digunakan dalam kedokteran nuklir disarankan untuk mengiradiasi 1 gram sasaran ^{186}W diperkaya hingga 99,79% di reaktor G.A. Siwabessy selama 30 hari secara kontinyu sehingga diperoleh radioisotop ^{188}W dengan keradioaktifan sebesar 100 mCi yang memenuhi syarat untuk keperluan medis. Metoda yang digunakan untuk memisahkan radioisotop ^{188}Re dari radioisotop induknya (^{188}W) disarankan menggunakan kolom kromatografi alumina dan biasa dikenal dengan sebutan generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ berbasis alumina.

DAFTAR PUSTAKA

1. EHRHARDT, GARY J., United States Patent No. 4859431, (1989).,
2. ADANG H.G, A. MUTALIB, YONO S., SULAIMAN, Karakteristik Generator $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Bebas PZC (*Poly Zirconium Compound*), Jurnal Sains & Teknologi

- Nuklir Indonesia, Volume VIII, No. 2, Agustus 2007.
3. F. F. (RUSS) KNAPP, Jr., Future Prospects for Medical Radionuclide Production in The High Flux Isotope Reactor (HFIR) at The Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Nuclear Medicine Group, Life Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, TN 37831-6229, U.S.A.
 4. F.F. KNAPP, Jr., S. MIRZADEH, M. GARLAND, B. PONSARD, R. KUZNETSOR, Reactor Production and Processing of ^{188}W , Chapter 5 IAEA Radioisotopes and Radiopharmaceuticals Series No. 2, Vienna 2010.
 5. SRIYONO, HOTMAN LUBIS, ABIDIN, HAMBALI, ROHIDI DAN SURYO
PRIYONO, Penyiapan Sasaran Iradiasi di Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN untuk Pembuatan Radioisotop., Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, PTAPB-BATAN, Yogyakarta, 28 September 2010.
 6. H. MATSUOKA, K. HASHIMOTO, Y. HISHINUMA, K. ISHIKAWA, H. TERUNUMA, K. TATENUMA, and S. UCHIDA, Application of PZC to $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ Generators, Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences, vol. 6, No. 3, pp. 189-191, 2005.
 7. W. SEELMANN-EGGEBERT, G. PFENNIG, H. MUNZEL, H. KLEWENEBENIUS; Chart of The Nuclides, Institut fur Radiochemie, 5. Auflage 1981.