

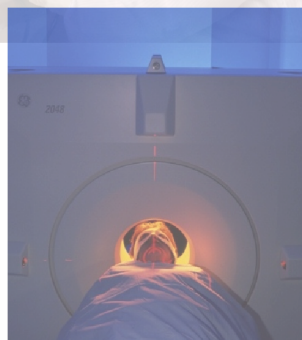


# PROSIDING

## PERTEMUAN ILMIAH RADIOISOTOP, RADIOFARMAKA, SIKLOTRON DAN KEDOKTERAN NUKLIR

Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre  
Siloam Hospitals Semanggi - Jakarta  
8 - 9 November 2013

*"Advanced Development of Radiopharmaceuticals,  
Molecular Imaging and Targeted Radionuclide Therapy"*



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

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

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia dan hidayahNya sehingga prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir 2013 ini dapat disusun dan diterbitkan sesuai dengan tenggat waktu yang telah ditentukan oleh panitia. Seluruh makalah yang ada dalam prosiding ini merupakan kumpulan makalah yang telah lolos proses seleksi yang dilakukan tim reviewer dan telah disampaikan dalam kegiatan Pertemuan Ilmiah Tahunan 2013 yang diselenggarakan pada tanggal 8 – 9 Nopember 2013 di Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre (MRCCC) Siloam Hospitals Semanggi, Jakarta.

Prosiding ini dimaksudkan untuk menyebarluaskan informasi berupa kajian dan hasil-hasil penelitian dan pengembangan di bidang radioisotop, radiofarmaka dan siklotron serta aplikasinya dalam bidang kesehatan maupun kedokteran nuklir di Indonesia. Sesuai dengan tema Pertemuan Ilmiah Tahunan 2013 “Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Therapy”, diharapkan prosiding ini dapat menjadi media bagi para peneliti, pemikir, pemerhati kesehatan untuk saling bertukar ide dalam perkembangan bidang kesehatan untuk mencapai kemandirian bangsa.

Prosiding ini tentu saja tidak luput dari kekurangan, namun dengan mengesampingkan kekurangan tersebut, terbitnya prosiding ini diharapkan dapat membantu para peneliti, pemikir dan pemerhati kesehatan dalam mencari referensi dan menambah motivasi untuk melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang radioisotop, radiofarmaka, siklotron dan kedokteran nuklir.

Jakarta, Desember 2013  
Tim editor

**PENASEHAT**

Prof. DR. Dr Johan S Masjhur, SpPD-KEMD, SpKN	(PKNI/PKBNI)
Dr. A Hussein S Kartamihardha, SpKN, MHKes	(PKNI/PKBNI)
DR. Abdul Mutalib	(Universitas Padjajaran)

**PENGARAH**

Dra. Siti Darwati MSc	(PRR-BATAN)
Dr. Trias Nugrahadi, SpKN	(PKNI/PKBNI)

**TIM EDITOR**

Dr. Basuki Hidayat, SpKN	(RSHS-Bandung)
DR. Rohadi Awaluddin	(PRR-BATAN)
DR. Martalena Ramli	(PRR-BATAN)
Drs. Hari Suryanto, M.Sc	(PRR-BATAN)
Dr Resnaldy, SpKN	(PKNI/PKBNI)

**Prosiding**

Fath Priyadi, V. Yulianti Susilo, Wira Y. Rahman

---

---

## LAPORAN KETUA PANITIA

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas ijin-Nya Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 ini dapat terwujud. Penyelenggaraan Pertemuan Ilmiah Tahunan ini merupakan kolaborasi antara Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka - BATAN dan PKNI/PKBNI dengan mengangkat tema : "Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Radionuclide Therapy".

Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi perkembangan terbaru mengenai radiofarmaka, molecular imaging, dan targeted radionuclide therapy, meningkatkan intensitas interaksi antara pelaku kegiatan litbang di bidang radioisotop, radiofarmaka, dan siklotron dengan para klinisi Kedokteran Nuklir serta mitra industri, sehingga terbentuk kegiatan yang saling bersinergi dari tahap litbang sampai pada tahap pemanfaatannya secara luas khususnya dalam bidang kedokteran nuklir.

Sebagaimana kita ketahui bersama bahwa Kedokteran nuklir saat ini merupakan salah satu pelayanan kesehatan yang berperan penting dibidang kesehatan dan kedokteran di Indonesia yang dibuktikan dengan adanya peningkatan penggunaan modalitas diagnosis dan terapi di pusat pelayanan kedokteran nuklir beberapa rumah sakit di Indonesia baik rumah sakit pemerintah maupun swasta.

Pertemuan ilmiah tahunan 2013 ini dihadiri kurang lebih 200 orang dengan acara yang mencakup plenary session berupa presentasi dari keynote speaker yang berasal dari dalam maupun luar negeri, workshop dan presentasi secara oral dari peserta penyaji serta diskusi yang diikuti oleh lembaga litbang, mitra pengguna/rumah sakit maupun mitra industri, akademisi serta pengambil kebijakan.

Besar harapan kami kegiatan Pertemuan Ilmiah Tahunan ini dapat berlanjut untuk masa yang akan datang. Akhir kata, kami mohon maaf apabila ada kekurangan dalam penyelenggaraan kegiatan ini.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Ketua Panitia Pelaksana  
Didik Setiaji

---

---

**KATA SAMBUTAN**  
**KEPALA PUSAT RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya sehingga acara Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 dapat dilaksanakan dengan baik sampai dengan terbitnya prosiding. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Editor dan semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian prosiding ini.

Kami berharap prosiding ini dapat digunakan sebagai dokumentasi karya ilmiah para peneliti dan praktisi dalam bidang kesehatan khususnya kedokteran nuklir yang telah dipresentasikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 pada tanggal 8 – 9 Nopember 2013 di *Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre Siloam Hospitals Semanggi*, Jakarta. Pertemuan ilmiah ini mengangkat tema **“Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Therapy”** dengan melibatkan para peneliti dari Pusat Radioisotop Dan Radiofarmaka (PRR) dan beberapa Satker dilingkungan BATAN maupun perguruan tinggi, para praktisi kedokteran nuklir serta pembicara tamu dari luar negeri yaitu USA/Korea, Singapura, China dan Australia.

Harapan kami semoga prosiding ini dapat dijadikan referensi bagi berbagai pihak terutama para peneliti, pemikir dan pemerhati kesehatan dalam penelitian dan pengembangan radioisotop, radiofarmaka dan siklotron, serta aplikasinya dalam bidang kedokteran nuklir sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan bagi masyarakat luas.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Kepala Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka  
Dra. Siti Darwati, M.Sc

## DAFTAR ISI

<b>Kata Pengantar</b> .....	i
<b>Penasehat, Pengarah, Tim Editor</b> .....	ii
<b>Laporan Ketua Panitia</b> .....	iii
<b>Kata Sambutan Kepala Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka</b> .....	iv
<b>Daftar Isi</b> .....	v
<b>Optimising Radiation Safety Practices in Nuclear Medicine Departement : a Study From Australian Hospital</b> .....	1
<i>Nur Rahmah Hidayati</i>	
<b>Unjuk Kerja Kolom Generator <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y Berbasis Fasa Diam Alumina</b> .....	11
<i>Sulaiman, Adang H.G., Karyadi, Sri Aguswarini, A. Mutalib, Gatot S.</i>	
<b>Penggunaan Ra-223 Dalam Targeted Alpha Therapy untuk Kanker Prostat</b> .....	17
<i>Hilary Reinhart</i>	
<b>Identifikasi Radionuklida Hasil Iradiasi Ytterbium Alam</b> .....	26
<b>Menggunakan Spektrometer Gamma</b>	
<i>Triani W., Endang S., Umi NS., Triyanto, Sunarhadijoso S.</i>	
<b>Simulasi Dosis Radial Sumber Brakiterapi Iridium-192 Tipe H-01</b> .....	33
<b>dengan Menggunakan MCNPX 2.6.0</b>	
<i>Anik Purwaningsih</i>	
<b>Penatalaksanaan Kesehatan untuk Pekerja Radiasi</b> .....	39
<b>yang Menerima Dosis Berlebih</b>	
<i>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti, RPS, Rimin Sumantri</i>	
<b>Elektroplating Nikel pada Keping Emas</b> .....	44
<b>untuk Produksi Radioisotop Cu-64 Menggunakan Cyclotron</b>	
<i>Herlan Setiawan, Cahyana A, Daya Agung, M Subechi, Hotman L, Sriyono, Wira YR</i>	
<b>Produksi Renium-188 Menggunakan Bahan Sasaran Tungsten Alam dan Diperkaya</b> .....	51
<i>Indra Saptiama, Herlina, Hotman Lubis, Sriyono, Hambali</i>	
<b>Kajian Keselamatan pada Pengawasan Proses Produksi <sup>18</sup>FDG</b> .....	59
<b>di Rumah Sakit Kanker Dharmais</b>	
<i>Rr.Djarwanti RPS, Rohmansyur, Hadirahman, Uteng, Herta, Nurhuda</i>	
<b>Sintesis dan Uji Stabilitas Senyawa Nukleotida Bertanda [<math>\gamma</math>-<sup>32</sup>P]ATP</b> .....	64
<i>Wira Y Rahman, Endang Sarmini, Herlina, Triyanto, Hambali, Abdul Mutalib, Santi Nurbaiti</i>	
<b>Optimasi Preparasi Nanopartikel Emas (AuNPs)</b> .....	70
<b>Terbungkus PAMAM Dendrimer Generasi 4</b>	
<i>Anung Pujiyanto, Herlan Setiawan, Mujinah, Hotman Lubis, Dede K, Adang Hardi G, Rien Ritawidya, Abdul Mutalib</i>	

<b>Validasi Parameter Medan Gaya Program ChemBio3D 11.0 .....</b>	<b>78</b>
<b>untuk Disain Molekuler Senyawa Kompleks Radiofarmaka <sup>99m</sup>Tc</b>	
<i>Maiyesni</i>	

## PRODUKSI RENIUM-188 MENGGUNAKAN BAHAN SASARAN TUNGSTEN ALAM DAN DIPERKAYA

Indra Saptiama, Herlina, Hotman Lubis, Sriyono, Hambali

Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)  
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Telp/fax 021-7563141

*Indra.saptiama@batan.go.id*

### ABSTRAK

**PRODUKSI RENIUM-188 MENGGUNAKAN BAHAN SASARAN TUNGSTEN ALAM DAN DIPERKAYA.** Rhenium-188 ( $Re-188$ ) merupakan radioisotop pemancar radiasi gamma dan beta. Rhenium-188 memancarkan radiasi gamma dengan energi sebesar 155 KeV (15%) dan radiasi beta dengan energi maksimum sebesar 2,12 MeV sehingga dapat digunakan sebagai terapi. Penelitian ini bertujuan mendapatkan rhenium-188 hasil dari aktivasi neutron dengan bahan sasaran tungsten alam dan logam tungsten diperkaya yang dipisahkan menggunakan kolom pemisah alumina. Masing-masing bahan sasaran diaktivasi neutron di reaktor serba guna G.A Siwabessy. Tungsten-188 yang dihasilkan dari aktivasi neutron bahan target diserapkan dalam kolom alumina. Kolom I berisi tungsten-188 yang berasal dari bahan target tungsten alam sedangkan kolom II berisi tungsten-188 yang berasal dari bahan tungsten diperkaya. Masing-masing kolom dielusi menggunakan larutan salin untuk mendapatkan rhenium-188 dalam bentuk perenat ( $^{188}ReO_4$ ). Radioaktivitas tungsten-188 yang diperoleh menggunakan bahan sasaran tungsten alam sebesar 8,45 mCi dengan radioaktivitas jenis 2,46 mCi/g W dan logam tungsten diperkaya sebesar 16,28 mCi dengan radioaktivitas jenis 33 mCi/g W. Hasil elusi kolom I, persentase rhenium-188 tertinggi yang keluar dari kolom diperoleh pada fraksi ke-2 yakni  $56 \pm 5,3\%$  ( $n = 7$ ) dengan radioaktivitas rhenium-188 mencapai 158 uCi/ml dan rerata yield pemisahan rhenium-188 sebesar 86,4 % sedangkan pada kolom II adalah fraksi ke 3 yakni  $43 \pm 5,8\%$  ( $n = 7$ ) dengan radioaktivitas  $Re-188$  mencapai 1353 uCi/ml dan rerata yield pemisahan rhenium-188 sebesar 70,3 %. Kemurnian radiokimia rhenium-188 (dalam bentuk  $^{188}ReO_4$ ) baik dari kolom I maupun kolom II yakni lebih dari 99 %. Tidak ada radionuklida lain selain rhenium-188 yang terdeteksi pada hasil eluat kolom I dan II serta tidak ditemui lolosan tungsten-188 dari kolom pemisah.

Kata kunci: Rhenium-188, tungsten-188, alumina, radioisotop.

### ABSTRACT

**Production of Rhenium-188 Using Natural and Enriched Tungsten As Target Material.** Rhenium-188 is beta and gamma-emitting radioisotope. Rhenium-188 emits gamma- radiation of energy 155 KeV (15%) and maximum beta-energy 2,12 MeV so that it can be used for therapy. The research aims to obtain rhenium-188 resulted from neutron activation of natural tungsten and enriched tungsten metal separated by alumina separator column. Each of the target materials were activated in the G.A Siwabessy multi-purpose reactor. Tungsten-188 resulted from neutron activation of target material was absorbed in the alumina column. Column I contained tungsten-188 derived from natural tungsten as target material, while column II contained tungsten-188 derived from enriched tungsten as target material. Both of them were eluted using saline solution to get rhenium-188 in the form of perrhenat ( $^{188}ReO_4$ ). Radioactivity of tungsten-188 obtained using natural tungsten as target material was 8.45 mCi with specific radioactivity 2.46 mCi / g W and enriched tungsten was 16.28 mCi with specific radioactivity 33 mCi/g W. In the column I, the highest percentage of rhenium-188 coming out from the column was obtained at 2<sup>nd</sup> fraction which was  $56 \pm 5.3\%$  ( $n = 7$ ) with radioactivity of tungsten-188 reach 158 uCi/ ml and the average of yield for the separation of rhenium-188 was 86.4 % while the column II was at 3<sup>rd</sup> fraction which was  $43 \pm 5.8\%$  ( $n = 7$ ) with radioactivity of tungsten-188 reach



1353 uCi/ml and the average of yield for the separation of rhenium-188 was 70.3 %. Radiochemical purity of rhenium-188 ( $^{188}\text{ReO}_4^-$ ) either column I or column II were more than 99 %. No other radionuclides detected in column I and column II eluate and tungsten breakthrough was not found.

Key words: Rhenium-188, tungsten-188, alumina, radioisotope

## PENDAHULUAN

Reaktor serba guna G.A Siwabessy merupakan reaktor termuda dari tiga reaktor yang ada di Indonesia dan memiliki fluks neutron cukup tinggi, sehingga sangat sesuai sebagai sarana iradiasi untuk produksi radioisotop, pengembangan elemen bakar dan komponen reaktor, penelitian dalam bidang sains materi dan berbagai litbang lain dalam bidang industri nuklir. Reaktor nuklir serba guna G.A Siwabessy juga memainkan peranan penting dalam penyediaan radioisotop untuk kedokteran nuklir. Beberapa hasil produksi radioisotop dari reaktor baik melalui *single/double neutron capture* merupakan radioisotop pemancar beta yang menarik dikembangkan sebagai radioisotop terapi kanker [1]. Salah satu radioisotop yang menarik perhatian adalah renium-188 yang dihasilkan dari peluruhan beta tungsten-188 dimana tungsten-188 didapat melalui reaksi *double neutron capture* tungsten-186.

Renium-188 merupakan radioisotop yang dapat digunakan untuk terapi. Radioisotop renium memiliki waktu paruh 16,9 hari dengan energi gamma sebesar 155 keV sebanyak 15 % dan energi beta maksimum sebesar 2,12 MeV sehingga sangat cocok penggunaannya untuk terapi sel kanker [2]. Dalam 15 tahun terakhir, sejumlah radiofarmaka renium-188 untuk terapi telah dikembangkan dan beberapa diantaranya telah diperkenalkan untuk aplikasi klinik seperti  $^{188}\text{Re}$ -HEDP untuk *bone pain palliation*,  $^{188}\text{Re}$ -Sn/colloid untuk *synovectomy*,  $^{188}\text{Re}$ -antibodi untuk terapi tumor atau  $^{188}\text{Re}$ -perenate untuk penghambat restenosis [3-7]. Di rumah sakit, Renium-188 umumnya didapat

dalam bentuk generator radioisotop tungsten-188/renium-188. Renium-188 diperoleh melalui elusi larutan salin ke dalam kolom generator radioisotop tungsten-188/renium-188.

Bahan sasaran untuk pembuatan radioisotop induk tungsten-188 dapat berupa serbuk tungsten alam dan tungsten diperkaya. Proses pemisahan radioisotop renium-188 dari radioisotop induk tungsten-188 pasca iradiasi menjadi tahapan yang sangat penting untuk memperoleh renium-188 sebagai sediaan radioisotop medis. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan radioisotop induk tungsten-188 di reaktor G.A Siwabessy menggunakan bahan target baik tungsten alam maupun tungsten diperkaya dan pemisahan renium-188 dari radioisotop induknya menggunakan kolom pemisah alumina.

## METODOLOGI

### Bahan dan Peralatan

Serbuk tungsten diperkaya dari *isoflex Rusia* dan tungsten alam dari *Merck* digunakan sebagai bahan sasaran untuk membuat radioisotop induk tungsten-188. Natrium hidroksida, hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), Asam klorida (HCl) diperoleh dari *Merck* dengan grade pro analisis. Aquabidest dan larutan salin (NaCl 0,9 %) dipasok dari *IPHA-Laboratories*. Penyerap tungsten-188 digunakan alumina asam ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dari *Merck*.

Peralatan yang digunakan antara lain timbangan analitik ACCULAB ALC-110.4, spektrometer gamma *multi channel analyzer* dari *ORTEC*, detektor Germanium

kemurnian tinggi GAMMA-X HPGe, pendingin detektor X-COOLER II dan UPS model NTP-1000-5000L. Penentuan kemurnian radiokimia menggunakan *Imaging Scanner AR-2000* dari BIOSCAN.

## Tata Kerja

Bahan sasaran dikemas dalam ampul kuarsa berukuran 10 x 100 mm dan ditutup dengan cara pengelasan kaca. Kemudian kapsul kuarsa dikemas dalam *inner capsule* yang memiliki panjang 200 mm dan diameter luar 24 mm dan berbahan alumunium *nuclear grade*. *Inner capsule* ditutup dengan cara pengelasan menggunakan las argon. *Inner capsule* yang telah dikemas kemudian dilakukan uji kebocoran dengan cara uji gelembung (*bubble test*) yakni kapsul direndam dalam wadah berisi air dan kedap serta diberi tekanan. Setelah itu, *inner capsule* dimasukkan ke dalam *outer capsule* / kapsul iradiasi yang memiliki panjang 480 mm dan diameter luar 31,75 mm dan berbahan alumunium *nuclear grade*. Selanjutnya, pada bagian bawah kapsul iradiasi ditutup dengan cara pengelasan dan bagian atas ditutup dengan tutup berulir. Setiap kapsul iradiasi berisi 3 *inner capsule*. Bahan sasaran yang telah siap kemudian diiradiasi di dalam core teras reaktor GA Siwabessy pada posisi *Center Irradiation position* (CIP) dengan rincian pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Iradiasi bahan target tungsten alam dan diperkaya

Parameter	Tungsten alam	Tungsten diperkaya
Berat sasaran	5 gram	0,5 gram
Lama iradiasi	3,8 hari	19,8 hari

Paska iradiasi, bahan sasaran dibiarkan untuk diluruhkan sehingga bahan sasaran memiliki nilai paparan yang aman untuk diolah lebih lanjut. Kemudian masing-masing bahan sasaran dilarutkan dengan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % dan larutan NaOH 4 N sambil dipanaskan hingga larut sempurna.

Selanjutnya, masing-masing larutan sodium tungstat dicuplik dan dicacah menggunakan spektrometer gamma untuk menentukan radioaktivitas total tungsten-188 dalam larutan.

## 1. Preparasi kolom alumina

Serbuk alumina dipersiapkan untuk kolom pemisah Renium-188. Kolom I disiapkan untuk tungsten-188 dari bahan sasaran tungsten alam dan kolom II disiapkan untuk tungsten-188 dari bahan sasaran tungsten diperkaya. Sebanyak 10 gram alumina untuk kolom I dan 2,6 gram untuk kolom II. Sebelumnya, serbuk alumina dicuci dengan 400 ml air demin sambil dilakukan pengadukan selama 5 menit untuk menghilangkan pengotor. Kemudian serbuk alumina di panaskan dalam oven pada temperatur 150 °C selama 5 jam. Alumina yang telah siap, dimasukkan ke dalam kolom *fritted* ukuran 8 x 100 mm yang telah dipasang glass filter sebelumnya. Selanjutnya kolom dicuci dengan mengelusi 10 ml larutan HCl 1 M hingga pH eluat = 3. Terakhir, kolom dielusi dengan 15 ml larutan salin.

Larutan natrium tungstat (Na<sub>2</sub><sup>188</sup>WO<sub>4</sub>) diatur pH menjadi 3 dengan menambahkan larutan HCl 2 M. Kemudian larutan dimasukkan ke dalam kolom alumina untuk menyerap tungstat (<sup>188</sup>WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Kemudian kolom alumina dicuci dengan mengelusi 2 x 10 ml larutan salin untuk mengeluarkan Renium-188 yang telah terbentuk sebelumnya. Selanjutnya kolom alumina dibiarkan selama 4-5 hari untuk pertumbuhan renium-188.

## 2. Proses elusi Renium-188 dari kolom alumina

Renium-188 yang terbentuk dalam kolom dikeluarkan dengan mengelusi larutan salin secara fraksinasi sebanyak 5 x 5 ml untuk kolom I dan 10 x 1 ml untuk kolom II. Masing-masing fraksi diukur radioaktivitas

renium-188 menggunakan spektrometer gamma. Dicuplik eluat yang memiliki radioaktivitas renium-188 paling besar untuk menentukan kemurnian radiokimia dengan menggunakan kromatografi kertas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Iradiasi bahan target sasaran tungsten alam dan diperkaya

Bahan target sasaran yang digunakan pada kolom I menggunakan tungsten alam yang memiliki komposisi kandungan tungsten sebagai berikut ;

**Tabel 2.** Komposisi isotop tungsten pada tungsten alam [8]

Isotop	Massa atom	Mol fraksi (kelimpahan)
W-180	179,946	0,0012 (0.12%)
W-182	181,948	0,2650 (26.5%)
W-183	182,950	0,1431 (14,31%)
W-184	183,950	0,3064 (30,64%)
W-186	185,954	0,2843 (28,43%)

Tungsten alam ( $WO_3$ ) telah berhasil diiradiasi selama 92,65 jam (3,86 hari) pada posisi *Central Irradiation position* (CIP) di reaktor G.A Siwabessy. Radioaktivitas tungsten-188 yang diperoleh sebesar 8,45 mCi dengan persen *yield* perolehan tungsten-188 sebesar 83,2%. Larutan tungsten-188 diperoleh dalam bentuk larutan natrium tungstat ( $Na_2WO_4$ ).

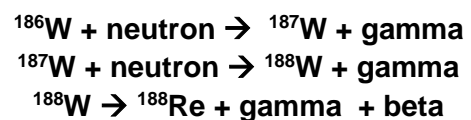
Bahan target sasaran yang digunakan pada kolom II adalah tungsten diperkaya (W) yang diperoleh dari *Isoflekt USA* dengan komponen kelimpahan isotop tungsten sebagai berikut :

**Tabel 3.** Komposisi isotop pada tungsten diperkaya

Isotop	Massa atom	Mol fraksi (kelimpahan)
W-180	179,946	-
W-182	181,948	0,0004 (0,04%)
W-183	182,950	0,0004 (0,04%)
W-184	183,950	0,0013 (0,13%)
W-186	185,954	0,9979 (99,79%)

Tungsten logam diperkaya diiradiasi selama 19,8 hari pada posisi *Central Irradiation Position* (CIP) di reaktor G.A Siwabessy. Radioaktivitas tungsten-188 yang diperoleh sebesar 16,28 mCi dengan persen *yield* perolehan tungsten-188 sebesar 94 %. Larutan tungsten-188 diperoleh dalam bentuk larutan natrium tungstat ( $Na_2WO_4$ ).

Pembuatan radionuklida induk tungsten-188 melalui reaksi aktivasi neutron terhadap bahan sasaran tungsten alam dan diperkaya menghasilkan radioaktivitas tungsten-188 per gram bahan sasaran (radioaktivitas jenis) berbeda. Iradiasi tungsten alam menghasilkan radioaktivitas jenis tungsten-188 sebesar 2,46 mCi/g W sedangkan tungsten diperkaya sebesar 33 mCi/ g W. Meskipun lama iradiasi berbeda, radioaktivitas tungsten-188 yang dihasilkan dari kedua bahan sasaran akan tetap jauh berbeda. Hal ini dikarenakan kandungan tungsten-186 pada logam tungsten diperkaya lebih besar dibandingkan dengan tungsten alam yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3. Radionuklida tungsten-188 dihasilkan dari reaksi *double neutron capture* tungsten-186.

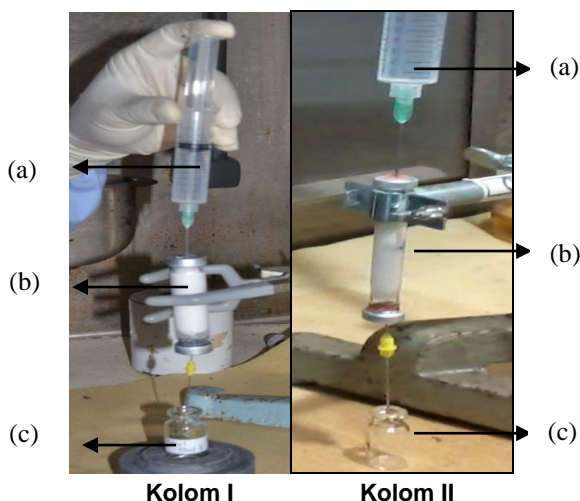


Untuk mendapatkan radioaktivitas tungsten-188 yang besar dengan menggunakan bahan sasaran tungsten alam memerlukan waktu iradiasi yang lama tetapi dari segi biaya menggunakan tungsten alam jauh lebih murah dibandingkan menggunakan logam tungsten diperkaya. Hal ini bergantung pada tujuan dan skala dalam proses pembuatan renium-188. Semakin besar tungsten-188 yang dihasilkan maka semakin besar renium-188 yang akan diperoleh.

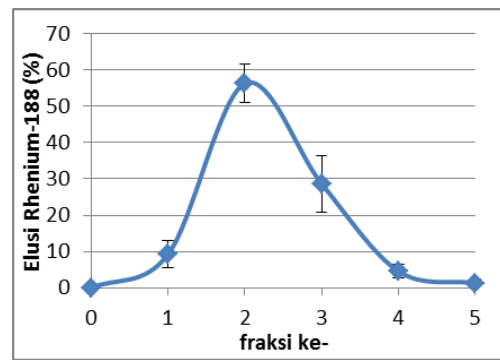
## 2. Proses pemisahan Renium-188 menggunakan kolom alumina

Kolom pemisah radionuklida anak renium-188 dari induknya tungsten-188 tersusun atas eluen, kolom gelas berisi alumina dan vial penampung eluat yang terlihat pada Gambar 1.

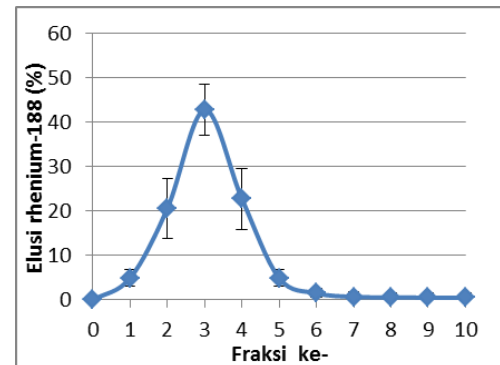
Kolom dielusi menggunakan larutan salin sebagai eluen. Elusi kolom I dan kolom II dilakukan secara bertahap. Pada kolom I profil elusi  $^{188}\text{Re}$  sampai dengan 25 ml dengan volume tiap fraksi 5 ml. Hal ini karena radioaktivitas  $^{188}\text{Re}$  tiap ml yang dihasilkan kolom pemisah sangat rendah. Sedangkan pada kolom II profil elusi sampai dengan 10 ml hasil elusi dengan volume tiap fraksi 1 ml. Hasil tiap ml yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 2. Dari gambar diketahui bahwa persentase Re-188 tertinggi yang keluar dari kolom diperoleh pada fraksi ke-2 pada kolom 1 yakni  $56 \pm 5,3\%$  ( $n = 7$ ) dengan radioaktivitas Re-188 mencapai 158 uCi/ml sedangkan pada kolom II adalah fraksi ke 3 yakni  $43 \pm 5,8\%$  ( $n=7$ ) dengan radioaktivitas Re-188 mencapai 1353 uCi/ml.



**Gambar 1.** Susunan kolom pemisah alumina (a) Eluen (b) Kolom Alumina (c) Vial eluat



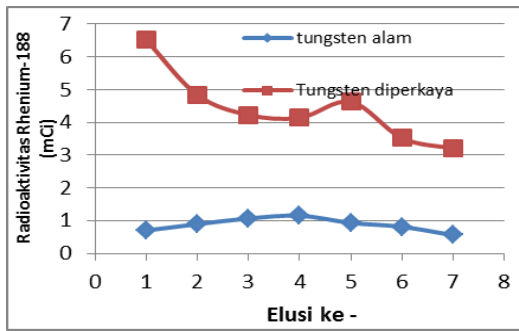
**Kolom I**



**Kolom II**

**Gambar 2.** Profil eluat  $^{188}\text{Re}$  dari kolom pemisah alumina

Pada elusi pertama kolom I diperoleh sebesar 0,69 mCi. Hasil perhitungan teoritis menunjukkan bahwa setelah proses peluruhan, radioaktivitas tungsten-188 pada kolom I yakni 0,86 mCi sehingga renium-188 yang berhasil dikeluarkan dengan elusi salin sebesar 81% (*yield* elusi) dari renium-188 yang ada pada kolom. Sedangkan pada kolom II diperoleh 6,5 mCi dengan *yield* elusi sebesar 91,2%. Pada hari berikutnya dilakukan proses elusi dengan cara yang sama. Hasil elusi ke-1 sampai ke-7 ditunjukkan pada Gambar 3. Kolom I - II, elusi ke-2 sampai dengan ke-7 diperoleh radioaktivitas renium-188 sebesar 4,8 - 0,8 ; 4,2 - 1 ; 4,1 - 1,1 ; 4,6 - 0,9; 3,5 - 0,8; dan 3,2 - 0,5 mCi.



Gambar 3. Radioaktivitas Rhenium-188

Pada kolom I, profil radioaktivitas renium-188 cenderung menurun sedangkan pada kolom ke II cenderung stabil meskipun pada akhirnya menurun. Secara teoritis, radioaktivitas renium-188 yang diperoleh akan semakin menurun seiring dengan meluruhnya radioaktivitas induk tungsten-188.

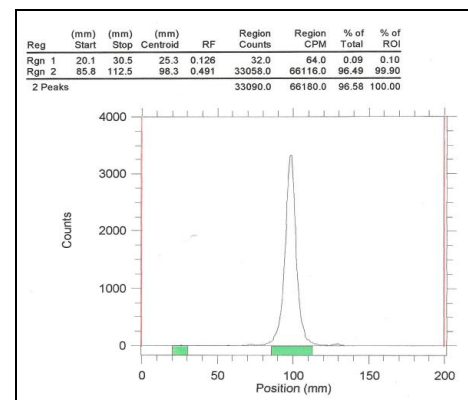
Pada Tabel 4. menunjukkan *yield* pemisahan renium-188, pada kolom I memiliki rerata sebesar 86,4 % sedangkan pada kolom II sebesar 70,3 %. Baik kolom I maupun kolom II memiliki *yield* renium-188 yang masih belum stabil terlihat dari standar deviasi yang masih tinggi yakni 11,1 % dan 15 %. Hal ini diduga karena proses elusi renium-188 dari kolom belum optimal. Diharapkan kolom pemisah  $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$  memiliki *yield* pemisahan renium-188 yang besar dan stabil.

Tabel 4. *Yield* pemisahan renium-188

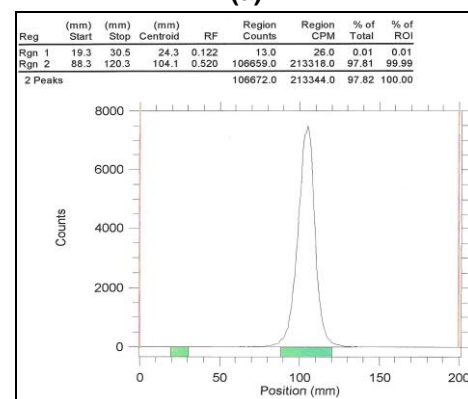
Elusi	Kolom I (%)	Kolom II (%)
1	81	91,2
2	97,7	71,1
3	81,4	66,2
4	93,5	65,3
5	78,7	76,1
6	91,5	62
7	71,1	60,5
<b>Rerata</b>	<b>85</b>	<b>70,3</b>
<b>Standar deviasi (%)</b>	<b>11,1 %</b>	<b>15,0 %</b>

### 3. Kemurnian radiokimia dan radionuklida Renium-188

Dari kolom pemisah alumina diharapkan diperoleh larutan Renium-188 dalam bentuk kimia  $\text{ReO}_4^-$ . Hasil pengukuran larutan hasil elusi menggunakan kromatografi kertas dengan fasa gerak salin ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut diketahui bahwa hampir seluruh Renium-188 bergerak pada posisi 90-120 mm dari tempat penotolan. Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh renium-188 dalam bentuk  $\text{ReO}_4^-$ . Hasil perhitungan luas area menunjukkan bahwa kemurnian radiokimia renium-188 (dalam bentuk  $^{188}\text{ReO}_4^-$ ) baik dari kolom I maupun kolom II yakni lebih dari 99 %.

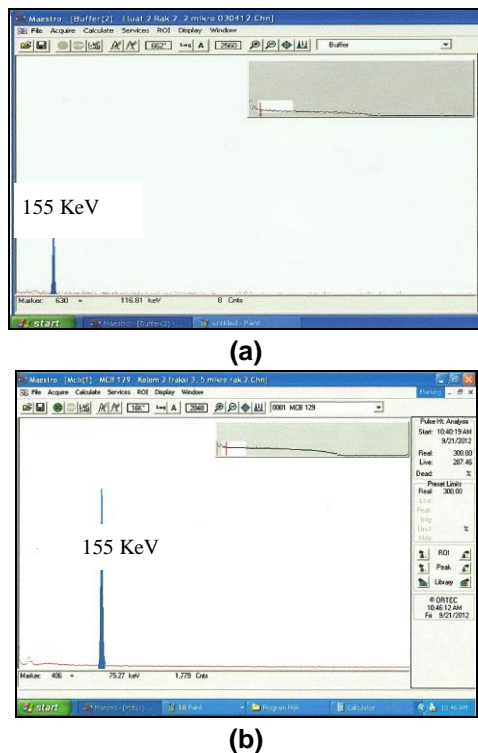


(a)



(b)

Gambar 4. Hasil kemurnian radiokimia dari kromatografi kertas hasil elusi (a) kolom I (b) kolom II



**Gambar 5.** Hasil spektrometer gamma larutan hasil elusi (a) kolom I (b) kolom II

Hasil pengukuran larutan Rhenium-188 menggunakan spektrometer gamma ditunjukkan pada Gambar 5. Dari gambar tersebut diketahui bahwa hanya puncak rhenium-188 pada energi 155 KeV yang terlihat dari hasil pengukuran. Tidak ada puncak dengan energi lain yang teramati. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada radionuklida lain selain rhenium-188 termasuk lola tungsten-188 baik dari eluat kolom I maupun kolom II .

## KESIMPULAN

Radioisotop rhenium-188 telah berhasil dibuat dari bahan sasaran target tungsten alam dan tungsten diperkaya serta dipisahkan dari radioisotop induknya tungsten-188 menggunakan kolom alumina. Radioaktivitas tungsten-188 yang diperoleh menggunakan bahan sasaran tungsten alam sebesar 8,45 mCi dengan radioaktivitas jenis 2,46 mCi/g W dan tungsten diperkaya sebesar 16,28 mCi dengan radioaktivitas jenis 33 mCi/g W. Hasil elusi kolom I, persentase Re-188

tertinggi yang keluar dari kolom diperoleh pada fraksi ke-2 yakni  $56 \pm 5,3\%$  ( $n = 7$ ) dengan radioaktivitas Re-188 mencapai 158 uCi/ml sedangkan pada kolom II adalah fraksi ke 3 yakni  $43 \pm 5,8\%$  ( $n=7$ ) dengan radioaktivitas Re-188 mencapai 1353 uCi/ml. Pada kolom I memiliki rerata *yield* pemisahan rhenium-188 sebesar 86,4 % sedangkan pada kolom II 70,3 %. Hasil uji kemurnian radiokimia rhenium-188 (dalam bentuk  $^{188}\text{ReO}_4^-$ ) baik dari kolom I maupun kolom II yakni lebih dari 99 %. Tidak ada radionuklida lain selain rhenium-188 yang terdeteksi pada hasil eluat kolom I dan II serta tidak ditemui lola tungsten-188 yang lolos dari kolom pemisah. Radioisotop rhenium-188 telah berhasil diproduksi untuk sediaan radioisotop medis.

## DAFTAR PUSTAKA

1. F.F.KNAPP, JR. ET AL. *Reactor production and processing of therapeutic radioisotopes for applications in Nuclear medicine*. Journal of radioanalytical and nuclear chemistry Vol.205, No 1(1996) 93-100
2. T.Y LUO ET AL. *A design for automatic preparation of highly concentrated  $^{188}\text{Re-perrhenate}$  solutions*. Applied Radioation and Isotopes 65 (2007) 21-25
3. SRIWIANG W, MINSKORN N, ET AL. *In-house Preparation of  $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$  Generators*. New drug applications 16-17,2550
4. KNAPP FF Jr, 1998. *Rhenium-188 A generator driven radioisotope for cancer therapy*. Cancer Biotherapy & Radiopharmaceutical, vol 3.
5. KNAPP FF Jr, MIRZADEH S, BEETS AL, ET AL. *Curi scale tungsten-188/rhenium-188 generator can cost-effectively provide carrier-free rhenium-188 for routine clinical applications*. In Technetium and Rhenium in Nuclear

---

Medicine, SG Editorial, Padova, Italy,  
pp.367-372.

6. RAISA N. KRASIKOVA, GALINA E.KODINA, 1999. *Radionuclide and Radiopharmaceuticals for single-photon emission tomography, Positron Emission tomography and radiotherapy in russia*, Eur J of Nucl.Med.26.
7. Kuznetsov R A, Tarasov V A, Klimov S.I ET AL. *Production of 188W in SM High flux Reactor at SSC RF RIAR*. 5th International Conference in Isotopes
8. LAETER DE JR, BOHLKE JK, BIEVRE P, ET AL. *Atomic Weight of The Elements : Review 2000 (Technical Report)*. Pure Appl Chem., Vol.75, No. 6, pp 683-800, 2003