

PEMISAHAN FRAKSI OSMIUM DAN IRIDIUM DALAM MATRIKS OSMIUM ALAM PASCA IRADIASI DENGAN TEKNIK EKSTRAKSI PELARUT

Kadarisman, Hotman Lubis, Sriyono dan Abidin
Pusat Radioisotop dan radiofarmaka (PRR)
Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

PEMISAHAN FRAKSI OSMIUM DAN IRIDIUM DALAM MATRIKS OSMIUM ALAM PASCA IRADIASI DENGAN TEKNIK EKSTRAKSI PELARUT. Generator Osmium – Iridium ada dua macam, yaitu generator radioisotop $^{191}\text{Os} - ^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan $^{194}\text{Os} - ^{194}\text{Ir}$. Radioisotop $^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan ^{194}Ir digunakan di bidang kesehatan, terutama untuk diagnosis fungsi ginjal dengan metoda Angiografi. Dalam penelitian ini dilakukan pemisahan ^{191}Os dari ^{192}Ir melalui tahapan-tahapan penelitian; penyiapan target Osmium alam, iradiasi target, perlakuan target teriradiasi, yang meliputi pengangkutan target teriradiasi ke fasilitas *hot cell*, pembukaan tabung dan pelarutan, serta proses pemisahan Osmium teriradiasi dengan ekstraksi pelarut menggunakan CCl_4 . Analisis radionuklida ^{191}Os dan ^{192}Ir menggunakan spektrometer gama. Dari hasil percobaan ini diperoleh radionuklida ^{191}Os dan ^{192}Ir dalam Osmium alam teriradiasi masing-masing sebesar 87,88 μCi dan 20,01 μCi saat pemisahan. Radionuklida ^{191}Os dapat dipisahkan dari pengotor radionuklida ^{192}Ir dengan radioaktivitas total 14,83 μCi dengan efisiensi pemisahan sebesar 16,88% pada akhir pemisahan. Hal ini menunjukkan kemungkinan dapat dipreparasi radionuklida ^{191}Os atau ^{194}Os untuk bahan generator $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ atau $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$.

Kata Kunci : Osmium-191, Iridium-192, Ekstraksi, Generator $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ atau $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$.

ABSTRACT

THE SEPARATION OF FRACTION OF OSMIUM AND IRIDIUM IN OSMIUM MATRIX IRRADIATED WITH THE EXTRACTION LIQUID TECHNIQUE. Generator Osmium - Iridium there is 2 kinds of, that is radioisotope generator $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ and $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$. Radioisotope $^{191\text{m}}\text{Ir}$ and ^{194}Ir used in health area, especially to be diagnosed to a kidney function with the Angiography method. In this development conducted separation ^{191}Os from ^{192}Ir through research step; experienced Osmium target preparation, target irradiation, treatment of target irradiated, covering the transportation of target irradiated to facility of hot cell, opening save and dissolution, and also separation process of Osmium irradiated by solvent extraction use the CCL_4 . Analysis the radionuclide of ^{191}Os and ^{192}Ir use the gamma spectrometer. From this attempt result is obtained ^{191}Os and ^{192}Ir radionuclide in Osmium irradiated each of 87,88 μCi and 20,01 μCi of dissolution moment. Radionuclide ^{191}Os is detachable from ^{192}Ir radionuclide impurities with the total radioactivity 14,83 μCi with the dissolution efficiency of equal to 16,88% by the end of dissolution. This matter show the possibility earn the preparation radionuclide ^{191}Os or ^{194}Os for the substance of generator $^{191}\text{Os} / ^{191\text{m}}\text{Ir}$ or $^{194}\text{Os} / ^{194}\text{Ir}$.

Keywords : Osmium-191, Iridium-192, Extraction, $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ or $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$ Generator.

PENDAHULUAN

Generator Osmium – Iridium ada 2 macam, yaitu generator radioisotop $^{191}\text{Os} - ^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan $^{194}\text{Os} - ^{194}\text{Ir}$. Radioisotop $^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan ^{194}Ir digunakan di bidang kesehatan, terutama untuk diagnosis berbagai penyakit yang berhubungan dengan perubahan aliran darah di dalam ginjal, dengan menetapkan perubahan aliran darah di dalam ginjal, maka dapat dilakukan diagnosis terhadap pasien. Diagnosis ini tidak mungkin dilakukan dengan menggunakan radionuklida $^{99\text{m}}\text{Tc}$ dalam bentuk $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Merkaptoasetiltriglisina atau $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Asam Dimerkapto-suksinat, sebab proses diagnosis ini memerlukan waktu pengamatan dalam orde waktu jam sedang pengamatan perubahan hanya dilakukan dalam orde menit[1].

Radionuklida ^{191}Os dan ^{194}Os masing-masing mempunyai umur paro 15,4 hari dan 5,99 tahun yang meluruh dengan memancarkan partikel beta (β) dengan energi maksimum masing-masing pada 100 KeV. Radionuklida ^{191}Os dan ^{194}Os ini merupakan radionuklida induk yang masing-masing meluruh menjadi radionuklida anak $^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan ^{194}Ir . Sistem produksi radionuklida $^{191\text{m}}\text{Ir}$ atau ^{194}Ir ini disebut sistem generator radioisotop $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ atau $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$. Saat ini, sistem generator radioisotop menjadi arah perkembangan untuk proses produksi

radioisotop yang digunakan di dalam bidang kesehatan, karena memberikan beberapa keuntungan, yaitu; umur paro dari radionuklida induk pada umumnya panjang, radionuklida anak yang dihasilkan mempunyai kemurnian radionuklida tinggi dan radioaktivitas jenis tinggi.⁽¹⁻⁸⁾ Radionuklida ^{191}Os dan ^{194}Os berumur paro lebih panjang dibanding radionuklida anak, sehingga umur pemakaian dari generator ini juga panjang. Radioisotop anak yang dihasilkan merupakan *non-carrier added*, sehingga mempunyai kemurnian radionuklida dan radioaktivitas jenis tinggi yang merupakan sebagian syarat untuk aplikasi di bidang kesehatan[9,10].

Waktu paro radionuklida ^{191}Os 15,4 hari dan $^{191\text{m}}\text{Ir}$ 4,94 detik sedangkan ^{194}Os 6 tahun dan ^{194}Ir 19,15 jam. Karakter waktu paro ini tidak memungkinkan dilakukannya studi pemisahan menggunakan model sistem $^{191}\text{Os} - ^{191\text{m}}\text{Ir}$ maupun $^{194}\text{Os} - ^{194}\text{Ir}$ dari matriks osmium alam yang disinari neutron dalam reaktor GA. Siwabessy. Namun karena dalam proses iradiasi di dalam reaktor target osmium menghasilkan radionuklida $^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan meluruh menjadi ^{191}Ir stabil di dalam matriks osmium alam teriradiasi, selanjutnya radionuklida ^{191}Ir yang terbentuk diaktivasi lagi oleh neutron di dalam reaktor dan terbentuk radionuklida ^{192}Ir dengan umur paro 74 hari. Sehingga di dalam matriks osmium

teriradiasi terkandung radionuklida ^{191}Os dan ^{192}Ir , maka campuran inilah sebagai model pemisahan osmium - iridium

Radioisotop ^{191}Os langsung dihasilkan dari isotop ^{190}Os yang ditembak neutron di dalam reaktor, sedangkan ^{194}Os tidak langsung dihasilkan dari target Osmium alam, melainkan dihasilkan dari radioisotop ^{193}Os yang terbentuk setelah ^{192}Os yang ada di dalam Osmium alam ditembak neutron dengan penampang lintang reaksi inti sebesar 2 barn. Selanjutnya radioisotop ^{193}Os yang terbentuk itu ditembak lagi dengan neutron selama berada di dalam reaktor dengan penampang lintang sebesar 250 mbarn dan membentuk radioisotop ^{194}Os (umur paro 5,99 tahun).

Teknik pemisahan spesi Osmium dengan spesi cemaran Iridium yang dilakukan dalam percobaan ini dapat dikembangkan dan diaplikasikan lebih lanjut untuk sistem pemisahan $^{191\text{m}}\text{Ir}$ dari ^{191}Os dalam generator radioisotop $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$. Karena umur paro $^{191\text{m}}\text{Ir}$ sangat pendek (4,96 detik), sistem generator radioisotop $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ tidak dapat dijadikan model untuk studi pemisahan matriks Osmium – Iridium. Umur paro ^{194}Os sangat panjang (5,99 tahun), sehingga ^{194}Os sulit terbentuk saat iradiasi di dalam reaktor menggunakan bahan sasaran Osmium alam, karena itu sistem generator $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$ juga sulit dijadikan

model untuk studi pemisahan Osmium – Iridium. Karena 2 sebab tersebut di atas maka dilakukan upaya pemisahan Os – Ir dengan model sistem pemisahan ^{191}Os dari ^{192}Ir .

Ada beberapa metode pemisahan Osmium – Iridium yaitu metode pemisahan dengan menggunakan ekstraksi pelarut, adsorpsi menggunakan karbon aktif dan sistem kolom kromatografi menggunakan campuran silika gel dan Tridodecylmethylammonium Chloride (TDMAC) [8, 9, 10]. Dalam percobaan ini dilakukan pemisahan ^{191}Os dari spesi ^{192}Ir menggunakan metoda ekstraksi pelarut.

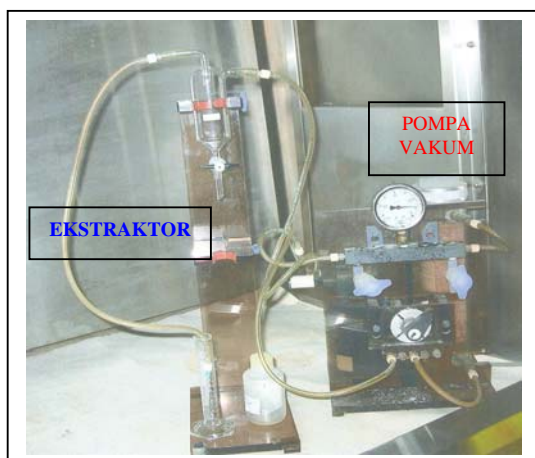
Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari teknik pemisahan fraksi osmium dari fraksi iridium dalam matriks osmium alam pasca iradiasi dengan neutron. Ada dua hal yang diharapkan dari penelitian ini yaitu; mendapatkan fraksi radioisotop osmium (^{191}Os) yang bersih dari cemaran ^{192}Ir dan mendapatkan teknik pemisahan fraksi Osmium dengan Iridium yang diharapkan dapat diterapkan untuk pemisahan $^{191\text{m}}\text{Ir}$ dari nuklida induknya yaitu ^{191}Os

TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Sasaran Osmium Oksida (Os_2O_3) alam, asam klorida (HCl) pekat, asam nitrat (HNO_3) pekat, karbon tetra klorida (CCl_4), kalium hidroksida (KOH), asam sulfat

(H_2SO_4) pekat dan hidrogen peroksida (H_2O_2) 32% dari Merck. Ampul quartz berukuran 1 ml dan akuabides dipasok dari perusahaan lokal.



Gambar 1 Ekstraktor Osmium-191

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini antara lain adalah seperangkat alat ekstraksi yang terbuat dari gelas yang terdiri dari tabung ekstraksi dengan diameter luar 3,0 cm, panjang 8 cm, penyangga PVC, saluran PVC dengan diameter dalam 0,125 inch dan diameter luar 0,250 inch, Pompa Vakum (Powermet, out put 0,20VDC dan 0 s/d 1,2 Amp, input internal 120, 208 atau 230 VAC (Gambar 1). Analisis radioaktivitas menggunakan spektrometer Gama yang dilengkapi dengan detektor HP-Ge tipe N (Tenelec), catu daya model PS-ORTEC 495, dan amplifier model TC-244 (Tenelec), pipet mikro (Eppendorf) 50 μL , 10 μL dan 5 μL .

Preparasi Target Osmium Alam

Sebanyak 100 mg serbuk Os_2O_3 alam ditimbang dan dimasukkan ke dalam ampul quartz. Ampul berisi target Osmium ini ditutup dengan cara dilas. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung aluminium bagian dalam (*Inner Tube*). Tabung inner dilas dan diuji kebocorannya pada tekanan - 30 cmHg. Selanjutnya Tabung Inner ini dimasukkan ke dalam Tabung aluminium bagian luar (*Outer Tube*) dan dilas, setelah itu dibawa ke reaktor untuk diiradiasi dengan neutron di dalam teras reaktor.

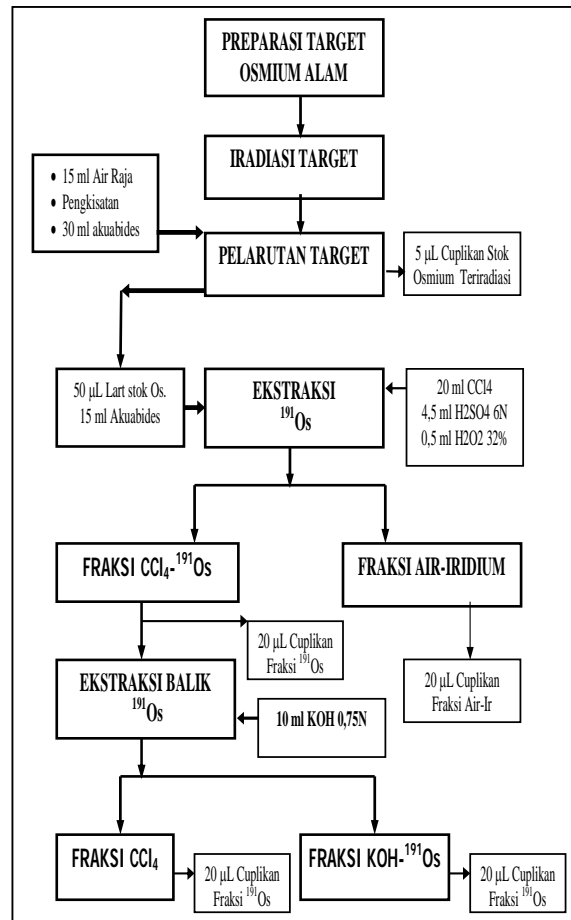
Pelarutan Target Osmium Teriradiasi

Target Osmium alam teriradiasi dipindahkan dari reaktor ke fasilitas Hot Cell PRR. Tabung outer dan tabung inner dipotong dan ampul quartz yang berisi target Osmium teriradiasi diambil. Sebanyak 15 ml larutan air raja yang dibuat dengan mencampurkan 15 ml HCl pekat dan 5 ml HNO_3 pekat disiapkan. Ampul dipecah bagian atasnya dengan pinset SS. Osmium teriradiasi dipindahkan ke dalam bejana gelas 100 ml. Ampul quartz dibilas dengan air raja secukupnya. Cairan bilasan dimasukkan ke dalam bejana gelas yang berisi target osmium teriradiasi. Pembilasan dilakukan sampai Osmium terpindahkan ke bejana gelas secara kuantitatif. Air raja yang tersisa dimasukkan ke dalam bejana. Larutan Osmium teriradiasi

di dalam larutan air raja dibiarkan semalam. Selanjutnya campuran dipanaskan sambil diaduk sampai bahan sasaran Osmium teriradiasi larut sempurna, kemudian diuapkan sampai hampir kering di atas pemanas listrik. Residu diturunkan dari pemanas dan dilarutkan kembali dengan 30 ml akuabides. Larutan Osmium teriradiasi ini dimasukkan ke dalam botol plastik 50 ml bertutup dan disimpan sebagai larutan stok osmium teriradiasi. Sebanyak 5 µl (3 kali ulangan) cuplikan larutan stok osmium teriradiasi ditotolkan pada kertas Whatman dan dicacah dengan spektrometer gamma. Spektrum gamma cuplikan itu dicetak dan cacahan/luas puncak pada masing-masing energi gamma yang ada, lama, jam, hari dan tahun pencacahan dicatat, untuk diperhitungkan sebagai koreksi keradioaktifan.

Ekstraksi

Sebanyak 20 ml CCl₄ dimasukkan ke dalam bejana ekstraksi (Gambar 1), selanjutnya ditambah 4,5 ml H₂SO₄ 6 N dan 0,5 ml H₂O₂ 32 %. Kemudian 50 µl cuplikan larutan osmium teriradiasi dan 15 ml akuabides dimasukkan ke dalam bejana ekstraksi. Dicuplik sebanyak 50 µl dari larutan Osmium teriradiasi agar paparan yang



Gambar 2 Diagram proses pemisahan ¹⁹¹Os

diterima oleh pelaksana tidak melebihi batas dosis yang telah ditetapkan, karena studi proses pemisahan ini dilakukan di luar fasilitas hot cell. Campuran larutan di dalam bejana ekstraksi diaduk dengan teknik vakum selama 10 menit dan dibiarkan sampai terjadi pemisahan fasa air dengan fasa organik (CCl₄) secara sempurna. Lapisan (fraksi) organik CCl₄-Osmium (lapisan bagian bawah) ditampung di dalam bejana gelas 50 ml. Sebanyak 5 µl (3 kali ulangan) cuplikan fraksi CCl₄-Osmium ditotolkan pada kertas

Whatman dan dicacah dengan spektrometer gama. Spektrum gama cuplikan itu dicetak dan luas puncak pada masing-masing energi gama yang ada, lama, jam, hari dan tahun pencacahan dicatat.

Lapisan (fraksi) air-Iridium (lapisan bagian atas) dialirkan ke bawah dan ditampung dalam botol plastik bertutup 50 ml. Sebanyak 5 µl (3 kali ulangan) cuplikan fraksi air-Iridium ditotolkan pada kertas Whatman dan dicacah dengan spektrometer gamma. Spektrum gamma cuplikan itu dicetak dan cacahan/luas puncak pada masing-masing energi gamma yang ada, lama, jam, hari dan tahun pencacahan dicatat.

Bejana ekstraksi dicuci dengan 50 ml akuabides sebanyak 3 kali ulangan. Air cucian dialirkan ke botol limbah 250 ml. Fraksi CCl₄-Osmium dimasukkan kembali ke dalam bejana ekstraksi dengan teknik vakum. Sebanyak 10 ml larutan KOH 0,75 N dimasukkan ke dalam bejana ekstraksi. Campuran larutan di dalam bejana ekstraksi itu diaduk dengan teknik vakum selama 10 menit. Setelah selesai pengadukan, didiamkan beberapa saat sampai fasa organik (CCl₄) dengan fasa KOH – Osmium terpisah sempurna. Fraksi CCl₄ (bagian bawah) dialirkan ke dalam botol plastik 50 ml. Sebanyak 5 µl (3 kali ulangan) spesi cuplikan fraksi CCl₄ ditotolkan pada kertas Whatman dan dicacah dengan spektrometer gama.

Spektrum gama cuplikan itu dicetak dan luas puncak pada masing-masing energi gama yang ada, lama, jam, hari dan tahun pengukuran dicatat.

Fraksi KOH-Osmium (bagian atas) dialirkan ke dalam botol plastik 50 ml bertutup dan disimpan, sebagai produk Osmium. Sebanyak 5 µl (3 kali ulangan) cuplikan fraksi KOH-Osmium ditotolkan pada kertas Whatman dan dicacah dengan spektrometer gama. Spektrum gamma cuplikan itu dicetak dan luas puncak pada masing-masing energi gama yang ada, lama, jam, hari dan tahun pencacahan dicatat. Diagram proses pemisahan ¹⁹¹Os dengan ¹⁹²Ir dapat dilihat dalam Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses pemisahan radionuklida ¹⁹¹Os ini digunakan Os₂O₃ alam sebagai bahan sasaran. Osmium alam mempunyai 7 buah isotop dan jika diiradiasi di dalam reaktor menghasilkan beberapa isotop stabil dan radioaktif seperti dapat dilihat dalam Tabel 1 di bawah ini;

Tabel 1 Komposisi isotop dalam target Osmium

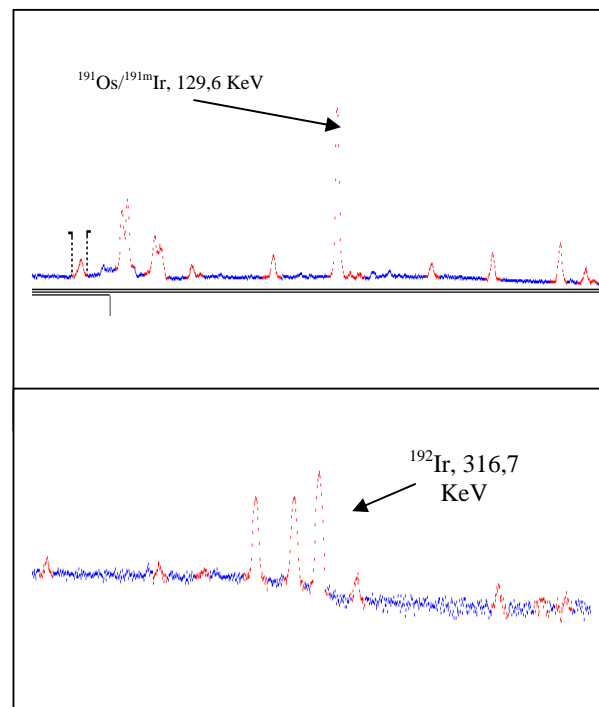
ISOTOP	REAKSI INTI (n,γ)	NA	E
Os-184	¹⁸⁴ Os(n,γ) ¹⁸⁵ Os	¹⁸⁵ Os	646
Os-186	¹⁸⁶ Os(n,γ) ¹⁸⁷ Os (stabil)	-	-
Os-187	¹⁸⁷ Os(n,γ) ¹⁸⁸ Os (stabil)	-	-
Os-188	¹⁸⁸ Os(n,γ) ¹⁸⁹ Os (stabil)	-	-
Os-189	¹⁸⁹ Os(n,γ) ¹⁹⁰ Os (stabil)	-	-
Os-190	¹⁹⁰ Os(n,γ) ¹⁹¹ Os	^{191m} Ir / ¹⁹¹ Ir (stabil)	129,6
	¹⁹¹ Ir(n,γ) ¹⁹² Ir	¹⁹² Ir / ¹⁹² Pt (stabil)	316,6
Os-192	¹⁹² Os(n,γ) ¹⁹³ Os	Ir-193 (stabil)	-
	¹⁹³ Os(n,γ) ¹⁹⁴ Os	Ir-194	328

KET:

KLMP = Kelimpahan, NA = Nuklida Anak, E = Energi Gamma

Tabel 1 menunjukkan bahwa radioisotop ^{191}Os terbentuk langsung dalam reaksi aktivasi neutron dengan bahan sasaran Os_2O_3 alam, sedangkan ^{194}Os tidak langsung dihasilkan dari target Osmium alam, melainkan dihasilkan dari radioisotop ^{193}Os yang terbentuk setelah Osmium alam diiradiasi, yaitu dari isotop ^{192}Os yang ditembak dengan neutron dengan penampang lintang reaksi inti sebesar 2 barn. Selanjutnya radioisotop ^{193}Os yang terbentuk itu ditembak dengan neutron selama berada di dalam reaktor dengan penampang lintang sebesar 1,54 barn dan membentuk radioisotop ^{194}Os (umur paro 5,99 tahun). Radioisotop ^{191}Os dan ^{194}Os ini meluruh dengan memancarkan partikel beta masing-masing menghasilkan radionuklida $^{191\text{m}}\text{Ir}$ dan ^{194}Ir [12]. Radioisotop $^{191\text{m}}\text{Ir}$ yang terbentuk dari peluruhan β^- radionuklida ^{191}Os selanjutnya meluruh menjadi isotop stabil ^{191}Ir . Isotop ^{191}Ir ini selama di dalam reaktor

diaktivasi dengan neutron dan membentuk radionuklida ^{192}Ir dengan penampang lintang reaksi inti yang cukup besar (0,1 barn). Dengan demikian radionuklida ^{192}Ir ini merupakan radionuklida pengotor



Gambar 3 Spektrum Gamma Osmium Teriradiasi

Tabel 2. Hasil analisis cuplikan Osmium teriradiasi dengan spektrometer gamma

E (KeV)	RN	CCH	INT (%)
129,6	Os-191/Ir-191m	2697	0,25
295,94	Ir-192	482	0,29
308,44	Ir-192	524	0,30
316,60	Ir-192	1355	0,83
468,2	Ir-192	589	0,48

KET. :
 E = Energi, RN = Radionuklida, CCH = Cacahan
 INT = Intensitas

bila ^{191}Os yang dihasilkan kelak akan digunakan sebagai radionuklida induk generator radioisotop $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$, sehingga radionuklida ^{192}Ir harus dipisahkan dari radionuklida ^{191}Os .

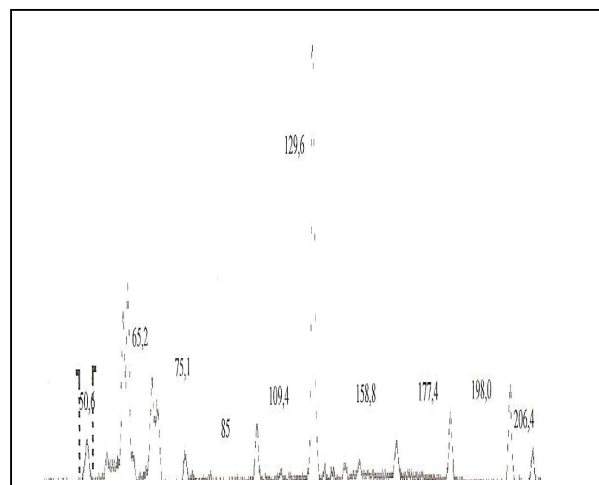
Tabel 3. Hasil analisis fraksi CCl₄-Osmium

E (KeV)	RN	CCH	INT. (%)
129,6	Os-191	2697	0,25
295,94	Ir-192	-	0,29
308,44	Ir-192	-	0,30
316,60	Ir-192	-	0,83
468,2	Ir-192	-	0,48

KET. :
 E = Energi, RN = Radionuklida, CCH = Cacahan
 INT = Intensitas

Hasil analisis spektrometer gama dari cuplikan Os₂O₃ alam teriradiasi menunjukkan adanya radioisotop utama ¹⁹¹Os (129,94 KeV) dan ¹⁹²Ir (308,4, 316,6 dan 468,2 KeV) (Tabel 2), sedangkan radioisotop ¹⁸⁵Os pemancar gama dengan energi 646 KeV tidak terdeteksi, hal ini disebabkan kelimpahan isotop ¹⁸⁴Os kecil (0,02%) dan umur paro ¹⁸⁵Os panjang (94 hari). Radioaktivitas Osmium-191 dan Iridium-192 yang diperoleh dengan pencacahan menggunakan spektrometer gama pada saat pencacahan dari cuplikan bahan Osmium teriradiasi masing-masing sebesar 87,88 µCi dan 20,01 µCi dengvolume 30 ml, atau masing-masing dengan konsentrasi radio-aktivitas sebesar 2,93 µCi/ml dan 0,67 µCi/ml dan spektrum gama hasil pencacahan dapat dilihat dalam Gambar 3.

Pada proses pemisahan radioisotop ¹⁹¹Os dengan ¹⁹²Ir melalui metoda ekstraksi pelarut diperoleh hasil fraksi organik (CCl₄-Osmium) yang mengandung radionuklida ¹⁹¹Os yang ditunjukkan dalam spektrum gamma fraksi CCl₄-Osmium (Gambar 4) dan Tabel 3.



KET: Angka menunjukkan energi (KeV) spektrum radionuklida

Gambar 4 Spektrum Gamma Fraksi Osmium

Proses pemisahan ¹⁹¹Os yang awalnya berupa K₂[OsO₄(OH)₂] (kalium perosmat) dari spesi ¹⁹²Ir dengan ekstraksi menggunakan CCl₄ dalam suasana H₂SO₄ dan H₂O₂. Dalam suasana asam, kalium perosmat diubah menjadi bentuk OsO₄, dan terserap dalam fraksi CCl₄. Fasa air yang berisi sebagian besar ¹⁹²Ir dipisahkan dari spesi organik (CCl₄). Selanjutnya OsO₄ dalam spesi organik (CCL₄) diekstraksi kembali dengan menggunakan larutan basa yaitu KOH 0,75N. Spesi Osmium lepas dari fasa organik sebab

spesi Osmium berubah menjadi kalium perosmat kembali, maka diperoleh spesi ^{191}Os yang mayoritas yang merupakan induk dari generator radioisotop $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$.

Setelah dilakukan perhitungan dengan mempertimbangkan koreksi waktu maka diperoleh konsentrasi radioaktivitas ^{191}Os sebesar $2,08 \mu\text{Ci/ml}$ dengan volume 20 ml atau dengan radioaktivitas total sebesar $41,45 \mu\text{Ci}$, dengan efisiensi pemisahan sebesar 70,90%. Artinya proses ekstraksi ^{191}Os tidak kuantitatif, namun dalam fraksi ini tidak mengandung radionuklida ^{192}Ir yang berarti bahwa fraksi ^{192}Ir dapat dipisahkan dengan fraksi radionuklida ^{192}Os .

Tabel 4. Hasil analisis fraksi Air-Ir dengan spektrometer gamma

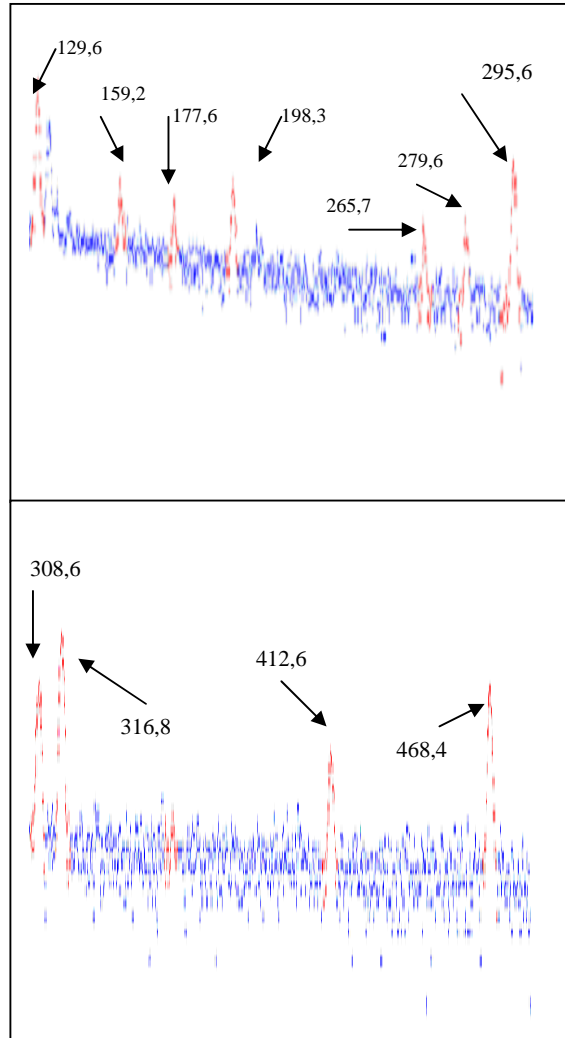
E (KeV)	RN	CCH	INT. (%)
129,6	Os-191	3030	0,25
295,94	Ir-192	905	0,29
308,44	Ir-192	1044	0,30
316,60	Ir-192	2525	0,83
468,2	Ir-192	1060	0,48

KET. :
 E = Energi, RN = Radionuklida, CCH = Cacahan
 INT = Intensitas

Artinya proses ekstraksi ^{191}Os tidak kuantitatif, namun dalam fraksi ini tidak mengandung radionuklida ^{192}Ir yang berarti bahwa fraksi ^{192}Ir dapat dipisahkan dengan fraksi radionuklida ^{192}Os .

Karena fraksi Ir masih mengandung spesi Osmium, maka dalam fraksi air-iridium

terlihat puncak energi γ 129,6 KeV yang menunjukkan keberadaan ^{191}Os dan/atau $^{191\text{m}}\text{Ir}$ (Gambar 5 dan Tabel 4).



KET: Angka menunjukkan energi (KeV) spektrum radionuklida

Gambar 5 Spektrum gamma fraksi Air-Ir

Pada proses ekstraksi balik untuk mengambil ^{191}Os dari fraksi CCl_4 menggunakan larutan KOH 0,75N dihasilkan produk konsentrasi radioaktivitas sebesar 1,49

$\mu\text{Ci/ml}$ dalam volume 20 ml, jadi radioaktivitas total ^{191}Os dalam produk akhir sebesar 14,83 μCi , dengan efisiensi pemisahan sebesar 16,88%. Dari hasil pembahasan di atas menunjukkan bahwa proses ekstraksi menggunakan CCl_4 , radionuklida ^{191}Os tidak terpisahkan secara kuantitatif dan proses ekstraksi balik untuk mengambil radionuklida ^{191}Os dari fraksi CCl_4 juga kurang efektif karena akhirnya hanya menghasilkan efisiensi pemisahan sebesar 16,88%.

Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan ^{191}Os dari ^{192}Ir , selanjutnya akan dikaji metoda pemisahan alternatif untuk radionuklida ^{191}Os dengan ^{192}Ir , terutama metoda penukaran ion.

Hasil pencacahan dengan spektrometer gama dari Osmium teriradiasi menunjukkan adanya radionuklida ^{191}Os dan ^{192}Ir , sedangkan radionuklida ^{194}Os (energi gamma = 43 KeV) belum terdeteksi. Artinya dengan menggunakan osmium alam (kelimpahan ^{192}Os sebesar 41%) sebanyak 100 mg dan diiradiasi selama sekitar 10 hari di dalam reaktor RSG G.A. Siwabessy dengan fluks neutron sebesar $1,26 \times 10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ belum dapat dihasilkan radionuklida ^{194}Os . Sebagai perbandingan bahwa telah dilakukan proses produksi radionuklida ^{194}Os yang merupakan radionuklida induk dalam sistem

generator $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$ yang menghasilkan radionuklida ^{194}Ir yaitu dengan mengiradiasi target ^{192}Os diperkaya secara isotopik lebih dari 90% sebanyak 1 mg di dalam reaktor dengan fluks neutron $2,5 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2$ detik selama 60 hari di Oak Ridge National Laboratory (ORNL) AS, dari penelitian itu hanya menghasilkan radionuklida ^{194}Os dengan radioaktivitas 0,5 mCi saat akhir iradiasi[10]. Artinya untuk dapat menghasilkan radionuklida ^{194}Os harus digunakan bahan sasaran Osmium diperkaya dan waktu iradiasi diperpanjang lebih dari 60 hari, karena waktu paro ^{194}Os sangat panjang yaitu 5,99 tahun. Fluks neutron yang rata-rata $1,26 \times 10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ detik}^{-1}$ masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan fluks neutron di reaktor yang digunakan di ORNL AS.

Iradiasi pada reaktor GA Siwabessy dengan menggunakan bahan sasaran Osmium diperkaya dengan isotop ^{192}Os sekalipun kelihatannya belum memungkinkan untuk menghasilkan radioisotop ^{194}Os dalam jumlah yang mencukupi untuk studi generator radioisotop $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$.

Kondisi yang mendekati ideal untuk dapat menghasilkan radionuklida ^{194}Os adalah harus digunakan sasaran Osmium diperkaya secara isotopik dari ^{192}Os di atas 90%, waktu iradiasi sekitar 2 s/d 3 bulan dan fluks neutron yang lebih tinggi dari fluks neutron di RSG GA. Siwabessy, Serpong.

KESIMPULAN

Radioaktivitas Osmium-191 dan Iridium-192 yang diperoleh dengan pengukuran menggunakan spektrometer gama pada saat proses pemisahan dari cuplikan bahan Osmium teriradiasi masing-masing sebesar 87,88 μCi dan 20,01 μCi dengan volume 30 ml, atau masing-masing dengan konsentrasi radioaktivitas sebesar 2,93 $\mu\text{Ci/ml}$ dan 0,67 $\mu\text{Ci/ml}$. Radionuklida ^{191}Os dengan ^{192}Ir dapat dipisahkan dengan metoda ekstraksi pelarut dengan efisiensi pemisahan sebesar 70,90%. Namun efisiensi pemisahan ekstraksi balik untuk mengambil radionuklida ^{191}Os dari fraksi CCl_4 yaitu sebesar 16,88%, tetapi tanpa pengotor radionuklida ^{192}Ir . Radionuklida ^{194}Os yang merupakan radionuklida induk generator radioisotop $^{194}\text{Os}/^{194}\text{Ir}$ belum dapat dihasilkan. Untuk dapat menghasilkan radionuklida ^{194}Os diusahakan menggunakan bahan sasaran ^{192}Os diperkaya sekitar 90% dan waktu iradiasi lebih dari 60 hari.

SARAN

Disarankan untuk dikaji lebih lanjut pemisahan radionuklida ^{191}Os dengan ^{192}Ir menggunakan metoda alternatif, terutama dengan metoda penukaran ion.

DAFTAR PUSTAKA

1. S. TED TREVES, S. MD, ALAN B. PACKARD A.B. PhD, LEO C.T. FUNG, MD, Assessment of Rapid Changes in Renal Blood Flow with $^{191\text{m}}\text{Ir}$, an Ultra-Short-Lived Radionuclide, *The Journal of Nuclear Medicine* Vol. 28, No. 10, 1571 – 1576 (2003).
2. C. CHENG, S. TREVES, A. SAMUEL, MA. DAVIS, “A new osmium-191/iridium-191m generator”. *J Nucl Med*, **21**, (1980),1169–1176.
3. A.B. PACKARD, GM O'BRIEN, S. TREVES, The development of an $^{191}\text{Os}/^{191\text{m}}\text{Ir}$ generator using an osmium chelate parent complex. I. *trans*-Dioxobismalonatoosmate(VI), *Nucl Med Biol*, **13**, (1986), 519–526.
4. A.B. PACKARD, S. TREVES, G.M. O'BRIEN, An osmium-191/iridium-191m generator using an oxalate osmate parent complex, *J Nucl Med*, **28**, (1987), 1571–1576.
5. C. BRIHAYE, TA. BUTLER, FF. KNAPP, The Os-191/Ir-191m generator for clinical use. I. Evaluation of potential adsorbents, *J Radioanal Chem Nucl Chem*, **102** (1986), 399–411.
6. C. BRIHAYE, T.A. BUTLER, FF. KNAPP, Guillaume M. A new osmium-191/iridium-191m radionuclide generator

- system using activated carbon, *J Nucl Med*, **27** (1986), 380–387.
7. C. BRIHAYE, M. GUILLAUME, TA. BUTLER, FF. KNAPP, Evaluation of the reactor production of osmium-191 for use in the carbon-based Os-191/Ir-191m medical generator, In: Seminar on radionuclide generators, Vienna, Austria, 13–17 October 1986. Symposium, IAEA-SR-131/08, 1986.
 8. R.J. CALLAHAN, D. FUND, SC. DRAGOTAKES, DE. RICE, MM. GOODMAN, M BARLAI-KOVACH, M HUNFORD, FF. KNAPP, HW. STRAUSS, Evaluation of the Os-191/Ir-191m generator in the constant infusion mode [abstract], *J Nucl Med.*, **27**, (1986), 916.
 9. C. BRIHAYE, S. DEWEZ, M. GUILLAUME, AP. CALLAHAN, DE. RICE, AND FF. KNAPP, Reactor Production and Purification of Osmium-191 for Use in a New $^{191}\text{Os}/^{191}\text{mIr}$ Radionuclide Generator System, *Appl. Radiat. Isot.* **40** (2), (1989), 183 – 19
 10. Osmium-191/iridium-191m radionuclide, US Patent Issued on July 28, 1987
 11. D. ISSACHAR, S. ABRASHKIN, J. WEINIGER, D. ZEMACH, E. LUBIN, C. HELLMAN, D. TRAMPER, Osmium-191/iridium-191m generator based on silica gel impregnated with tridodecylmethylammonium chloride, *J Nucl Med*, **30**, (1989), 538–541.
 12. Manual for reactor produced radioisotopes, IAEA-TECDOC-1340, International Atomic Energy Agency (IAEA), (2003) 150 – 154.
 13. G. FRIEDLANDER, JW. KENNEDY, S. EDWARD, MACIAS, JM MILLER, “Nuclear and Radiochemistry”, John Wiley & Sons, Inc. 3rd Edition (1981), p. 638.
 14. W. SEELMANN-EGGERBERT, G. PFENNIG, H. MUNZEL, H. KLEWE-NEBENIUS, “Chart of the Nuclides”, Institut Fur Radiochemie, Kernforschungszentrum Karlsruhe GMBH, Germany.