

METODE PEMBUATAN RADIOISOTOP KOBAL - 58 (^{58}Co) MELALUI REAKSI $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$

Duyeh Setiawan

Pusat Teknologi Nuklir Bahan Dan Radiometri – Batan Bandung

ABSTRAK

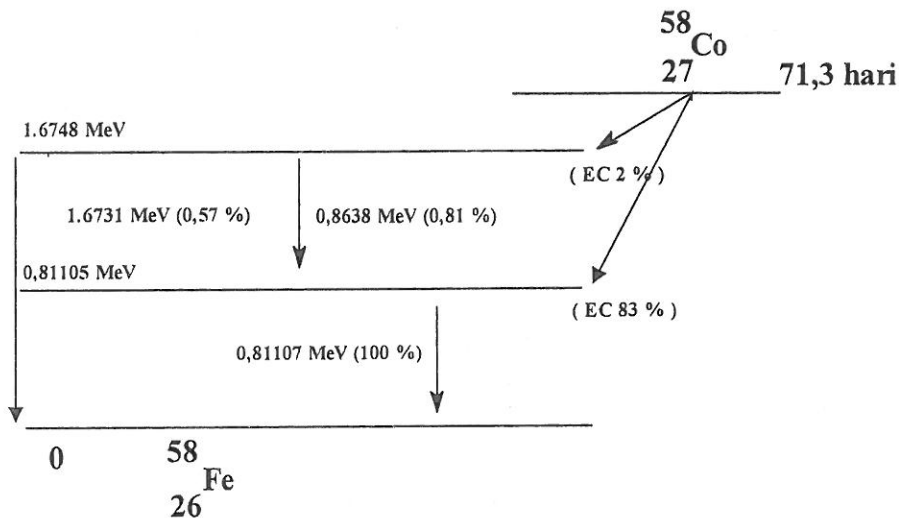
METODE PEMBUATAN RADIOISOTOP KOBAL-58 (^{58}Co) MELALUI REAKSI $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$. Radioisotop ^{58}Co merupakan salah satu radioisotop yang dikembangkan untuk pembuatan senyawa bertanda. Radioisotop ^{58}Co memiliki energi radiasi gamma yang cocok digunakan untuk tujuan teknik radioperunut. Radioisotop ^{58}Co dapat diproduksi melalui reaksi $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ dalam reaktor nuklir dengan mengiradiasi sasaran NiO yang mempunyai kelimpahan isotop alam (θ) sebesar 67,88 % dan penampang lintang (σ)_{nf} 0,09 barn. Penelitian ini bertujuan menguasai metode pembuatan radioisotop ^{58}Co dalam bentuk senyawa $^{58}\text{CoCl}_2$ yang diharapkan selanjutnya dapat diterapkan dalam pembuatan senyawa bertanda. Sasaran NiO diiradiasi dalam reaktor nuklir TRIGA 2000 Bandung dengan fluks neutron $6,387 \times 10^{13} \text{ n / cm}^2 / \text{s}^1$ selama 60 jam. Sasaran yang telah diiradiasi selanjutnya dilarutkan dalam HCl 12 M lalu dievaporasi sampai kering kemudian ditambahkan HCl 9 M. Pemisahan ^{58}Co dari ^{58}Ni dengan cara penukar anion menggunakan resin Dowex 1x 8 dengan eluen HCl 4 M. Produk akhir radioisotop ^{58}Co diperoleh dalam bentuk larutan jernih $^{58}\text{CoCl}_2$ dengan pH 1 – 1,5 dan konsentrasi radioaktif rata-rata 0,085 mCi/mL. Uji kualitas sediaan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ meliputi penentuan kemurnian radionuklida dengan melakukan pengukuran energi radioaktif menggunakan MCA (*multichannel analyzer*). Hasil analisis spektrum sinar gamma (γ) diperoleh puncak energi pada 810,69 keV, 863,95 keV, 1675,40 keV menunjukkan adanya radioisotop ^{58}Co dari reaksi $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$. Penentuan kemurnian radiokimia dengan metode kromatografi kertas menggunakan fase diam kertas Whatman 3 MM dan fase gerak campuran pelarut NH_3 : etanol : air (1:10:20), menunjukkan radioisotop ^{58}Co memberikan harga $R_f = 0$ dengan kemurnian radiokimia > 99 % dan stabil selama seminggu. Penentuan kadar nikel dengan metode spektrofotometri menggunakan larutan pereaksi dimetilglioksim dalam lingkungan basa, menunjukkan kadar nikel di bawah 2 ppm.

Kata kunci : kobal-58, reaktor, radioperunut.

ABSTRACT

PRODUCTION METHOD FOR COBALT-58 (^{58}Co) RADIOISOTOPES BY $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ REACTION. Radioisotope ^{58}Co is one of the radioisotope which is developed for the preparation of labelled compounds. Radioisotope ^{58}Co has a gamma radiation energy which is suitable for the radiotracer technique purpose. Radioisotope ^{58}Co can be produced through neutron activation reaction $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ in a nuclear reactor by irradiation the NiO target. In this study the target used is from natural origin which has a natural isotopic abundance (θ) of 67.88 % and a cross section (σ)_{nf} of 0.09 barn. The establishment of the production method for ^{58}Co was the aim of this study, and the result was expected could be used for further development of the labelled compound production. The NiO target was irradiated in nuclear reactor TRIGA 2000 Bandung by a neutron flux of $6.387 \times 10^{13} \text{ n / cm}^2 / \text{s}^1$ for 60 hour. The irradiated target dissolved in HCl 12 M further more evaporated until dry and dissolved in HCl 9 M. The separation of ^{58}Co radioisotope from the impurities used an anion exchange method using Dowex resin with the eluent HCl 4 M. The final ^{58}Co

10^{-4} %), 0,474 MeV (15 %) dengan waktu peluruhan 71,3 hari dan berubah menjadi bentuk inti stabil ^{58}Fe (2). Radioisotop ^{58}Co merupakan pemancar gamma (γ) dengan energi 0,81107 MeV (100 %), 0,8638 MeV (0,81 %) dan 1,6731 MeV (0,57 %) (3). Skema peluruhan radioisotop ^{58}Co sebagai berikut :



Gambar 1. Skema peluruhan radioisotop ^{58}Co

Metode pemisahan radioisotop ^{58}Co telah dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut organik tri-n-butyl fosfat pada pH 8-7, namun cara ini tidak efisien disebabkan kelarutan ion kobal relatif kecil sehingga diperoleh hasil yang tidak maksimum (4). Pada percobaan ini metode pemisahan yang dilakukan adalah kromatografi kolom penukar ion yang diharapkan akan diperoleh suatu metode pemisahan yang dapat digunakan untuk produksi radioisotop ^{58}Co dari hasil reaksi inti $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ (5,6).

TATA KERJA

Bahan dan peralatan.

Bahan – bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah : ^{58}NiO , HCl, NaOH, NH_3 , etanol, kertas pH, dimetil gliksim semua buatan E. Merck dengan kemurnian tingkat analitis, resin Dowex-1 x 8 buatan Fluka. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah: spektrofotometer merek Hitachi Model 200-20, kolom gelas (diameter 1 cm, panjang 30 cm yang telah diisi Dowex-1 x 8 sebanyak 10 gram), vial gelas (10 mL, 50 mL, 100 mL), gelas piala (50 mL, 100 mL, 250 mL), pipet (1 mL, 10 mL), detektor HPGe-MCA, SCA (*single channel analyzer*) merek ORTEC 402 A, dose

ditentukan dengan cara mengukur sebanyak 1 mL larutan $^{58}\text{CoCl}_2$ dimasukkan ke dalam vial tertutup, lalu dimasukkan ke dalam *ionization chamber (dose calibrator)*, dan konsentrasi radioaktif $^{58}\text{CoCl}_2$ dicatat.

Pemeriksaan kemurnian radionuklida $^{58}\text{CoCl}_2$ dengan cara mengukur sebanyak 25 μL larutan $^{58}\text{CoCl}_2$ yang diencerkan sampai 10 mL dengan air suling, kemudian larutan $^{58}\text{CoCl}_2$ tersebut dipipet 25 μL dan dimasukkan dalam vial, radioaktivitasnya diukur dengan menggunakan detektor HPGe-MCA (*Multichannel analyzer*), dan spektrum gamma yang diperoleh dianalisis.

Pemeriksaan secara kimia :

Penentuan pH larutan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ dengan menggunakan kertas indikator. Penentuan kemurnian radiokimia $^{58}\text{CoCl}_2$ dilakukan dengan cara kromatografi kertas menaik menggunakan fase diam kertas Whatman 3 MM berukuran 1 cm x 20 cm dan fase gerak campuran NH_3 : etanol : air adalah 1 : 10 : 20. Cuplikan $^{58}\text{CoCl}_2$ ditotolkan pada jarak 2 cm sisi bawah fase diam lalu dielusi sampai diperoleh jarak migrasi fase gerak sepanjang 20 cm. Kertas Whatman 3 MM dikeringkan di udara dan dipotong-potong sepanjang 1 cm, kemudian masing-masing potongan diukur radioaktivitasnya menggunakan alat pencacah saluran tunggal (SCA = *Singlechannel analyzer*) dengan kondisi alat pada *Lower Level (LL) = 2,3* dan *Upper Level (UL) = 0,6* serta tegangan 800 kilo Volt.

Pemeriksaan kadar nikel (Ni) ditentukan dengan cara membuat senyawa kompleks Ni-dimetilglioksim seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembuatan larutan blanko, baku dan cuplikan untuk pengukuran dengan spektrofotometri.

Pereaksi	Blanko	Baku (1)	Baku (2)	Baku (3)	Cuplikan
2 μg Ni /mL	-	2 mL	4 mL	6 mL	-
Cuplikan ^{58}Co	-	-	-	-	0,5 mL
HCL 0,25 N	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL
Air brom jenuh	0,2 mL	0,2 mL	0,2 mL	0,2 mL	0,2 mL
NH_4OH 25 %	0,4 mL	0,4 mL	0,4 mL	0,4 mL	0,4 mL
Dimetil glioksim 1 %	0,2 mL	0,2 mL	0,2 mL	0,2 mL	0,2 mL
Air suling	6,2 mL	4,2 mL	2,2 mL	0,2 mL	5,7 mL

Tabel 2. Konsentrasi radioaktif $^{58}\text{CoCl}_2$ hasil perhitungan teoritis dan hasil percobaan pada fluks neutron yang berbeda.

No percobaan	Fluks neutron ($\text{n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Konsentrasi radioaktif $^{58}\text{CoCl}_2$ (mCi/100 mL)		Rendemen (%)
		Hasil teoritis	Hasil percobaan	
1	$6,387 \times 10^{13}$	32,01	8,50	26,55
2	$6,387 \times 10^{13}$	30,53	8,13	26,13
3	$5,237 \times 10^{13}$	28,66	8,94	26,88
4	$8,57 \times 10^{12}$	4,63	1,20	25,92
5	$1,75 \times 10^{12}$	0,90	0,23	25,56

Catatan :

1. Percobaan 1, 2, 3 = fasilitas reaktor TRIGA 2000 pada posisi CT, daya 1 MW
2. Percobaan 4, 5 = fasilitas reaktor TRIGA 2000 pada posisi G 24, daya 1 MW

Dari hasil percobaan diperoleh konsentrasi radioaktif $^{58}\text{CoCl}_2$ yang rendah apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis, akan tetapi percobaan yang dilakukan sudah dapat diterapkan sebagai prosedur pembuatan larutan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ yang digunakan untuk keperluan bidang industri. Sebagai acuan prosedur pembuatan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ yang dilakukan di BARC (Bhabha Atomic Research Centre, Trombay, Bombay, India), dengan menggunakan target 10 g NiO, yang diirradiasi pada fluks $1,6 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2.\text{s}$ selama 6 bulan diperoleh konsentrasi radioaktif $^{58}\text{CoCl}_2$ sebesar 100 - 500 mCi/ 100 mL. Di JAERI (Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai, Ibaraki, Japan), menggunakan target 50 g NiO, yang diirradiasi pada fluks $7 \times 10^{11} \text{ n/cm}^2.\text{s}$ selama 60 jam diperoleh konsentrasi radioaktif $^{58}\text{CoCl}_2$ sebesar 200 $\mu\text{Ci/mL}$ atau 20 mCi/ 100 mL (6). Hubungan antara fluks neutron terhadap waktu iradiasi dalam proses pembuatan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ terlihat pada Gambar 2.

Gambar 2 merupakan profil hasil perhitungan secara teoritis yang menunjukkan aktivitas $^{58}\text{CoCl}_2$ terus meningkat dengan semakin tingginya fluks neutron dan lamanya waktu iradiasi sasaran. Hal ini dikarenakan umur paro radioisotop ^{58}Co cukup panjang (71 hari), sehingga apabila percobaan dilakukan dengan waktu iradiasi selama 2 - 3 hari (kotak garis putus-putus), maka radioaktivitas ^{58}Co yang dihasilkan meningkat mendekati garis linier. Percobaan pada fluks neutron sebesar $6,387 \times 10^{13} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ dengan waktu iradiasi sasaran ^{58}NiO selama 60 jam atau 2,5 hari merupakan kondisi optimum untuk mendapatkan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$, sedangkan pada fluks $1,7 \times 10^{12} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ merupakan kondisi minimum. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan secara teoritis dan pengukuran hasil percobaan seperti yang dirangkum dalam Tabel 2.

Pada Gambar 3 dalam bentuk logaritma ditunjukkan energi-energi dan jumlah cacahan (cps) dari radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ yaitu $E_\gamma = 810,69 \text{ keV}$ (18,02 cps), $E_\gamma = 863,95 \text{ keV}$ (0,15 cps), $E_\gamma = 1675,40 \text{ keV}$ (0,05 cps). Seperti telah dijelaskan sebelumnya, radioisotop ^{58}Co memancarkan energi gamma 811,07 keV (100 %), 863,83 keV (0,81 %), 1673,10 keV (0,57 %) (3). Kesesuaian adanya ketiga energi gamma dari hasil percobaan menunjukkan bahwa radioisotop ^{58}Co berhasil diproduksi dari sasaran ^{58}NiO melalui reaksi inti $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ dan tidak terlihat adanya radioaktivitas dari radioisotop lain. Oleh karenanya, radioaktivitas yang dimiliki $^{58}\text{CoCl}_2$ mendekati radioaktivitas bebas pengemban karena tidak mengandung radioaktivitas lain selain ^{58}Co .

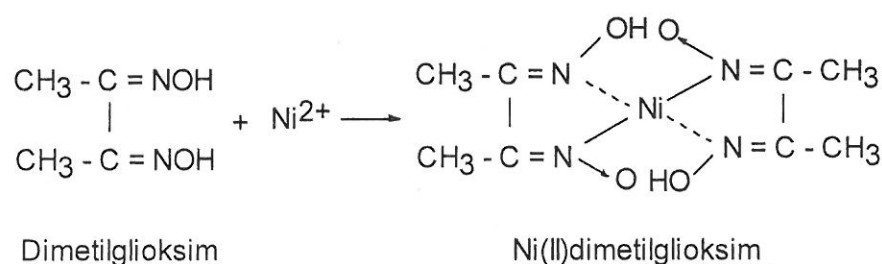
Radioisotop ^{58}Co meluruh melalui *electron capture* (EC) menjadi ^{58}Fe dan dilepaskan 2 sinar gamma dari proses anihilasi (6). Oleh karena itu pada pengukuran spektrometer gamma ditemukan pula radiasi gamma dengan energi $E_\gamma = 510,89 \text{ keV}$. Posisi puncak – puncak energi pada spektrum gamma radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ yang didapatkan pada percobaan satu dengan percobaan lainnya adalah sama, hal ini menunjukkan adanya hasil yang sangat baik dari metode pembuatan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ melalui reaksi inti $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ dengan cara pemisahan penukar ion.

Penentuan kemurnian radiokimia $^{58}\text{CoCl}_2$

Fenomena lain yang sangat penting dalam karakterisasi produk akhir radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ adalah kemurnian radiokimia. Penentuan dengan cara kromatografi kertas menggunakan fase diam kertas Whatman 3 MM dan fase gerak campuran NH_3 : etanol : air = 1 : 10 : 20 diperoleh kemurnian radiokimia $^{58}\text{CoCl}_2$ seperti dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil perhitungan kemurnian radiokimia $^{58}\text{CoCl}_2$

No Percobaan	Kemurnian radiokimia (%)		
	Cuplikan 1	Cuplikan 2	Cuplikan 3
1	99,70	99,73	99,72
2	98,91	99,89	99,40
3	99,66	98,43	99,05



Gambar 5. Pembentukan senyawa kompleks nikel(II)dimetilglioksim

Unsur lain yang terkandung di dalam produk dari pengotor sasaran NiO jumlahnya sangat kecil (Pb < 0,5 ppm, Fe < 0,5 ppm dan Na < 0,1 ppm) sehingga tidak mempengaruhi mutu $^{58}\text{CoCl}_2$ baik secara kemurnian radionuklida maupun kemurnian radiokimia.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan diperoleh bahwa produk akhir radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ berbentuk larutan jernih dengan konsentrasi radioaktif 0,085 mCi/mL dapat dihasilkan dari sasaran NiO dengan waktu iradiasi selama 60 jam pada fluks neutron $6,387 \times 10^{13}$ n.cm⁻².s⁻¹. Berdasarkan hasil analisis spektrum sinar gamma tidak terlihat adanya pengotor dari radionuklida lain yang menunjukkan tentang kemurnian radionuklida $^{58}\text{CoCl}_2$ nya, sedang hasil uji kemurnian radiokimia menggunakan metode kromatografi kertas diperoleh kemurnian radiokimia $^{58}\text{CoCl}_2$ di atas 99 %. Sifat kimia larutan radioisotop $^{58}\text{CoCl}_2$ mempunyai pH 1 – 1,5 dan kandungan kadar Ni di bawah 2 µg/mL.

DAFTAR PUSTAKA

1. Supratman, Indroyono, Djiono. Penentuan waktu penerobosan dalam sumur minyak dengan metode perunut radioaktif. Prosiding PAIR-BATAN; Jakarta: PAIR-BATAN; 1985. p. 191 – 8.
2. IAEA TECDOC-134 : Manual for reactor produced radioisotopes. Viena: IAEA; 2003. p. 41.
3. Blaauw M. The K_0 - consistent IRI gamma ray catalogue for instrumental neutron activation analysis. Interfacultair Reactor Instituut van de Technische Universiteit Delft; 1996. p.114 - 7, 136.
4. Miikerrem Kutoglu. Synthesis and characterization of new trinuclear vic-dioxime complexes with Ni(II) and Cu(II) ions. Synth React Inorg Met-org Chem 2004;34(5): p. 967-77.