
PRODUKSI TEMBAGA-64 MENGGUNAKAN SASARAN TEMBAGA FTALOSIANIN

Rohadi Awaludin, Abidin, Sriyono dan Herlina
Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR), BATAN

ABSTRAK

PRODUKSI TEMBAGA-64 MENGGUNAKAN SASARAN TEMBAGA FTALOSIANIN. Radioisotop tembaga-64 (^{64}Cu) merupakan pemancar positron yang memiliki beberapa kegunaan. Radioisotop ini dapat diproduksi dari ^{63}Cu melalui aktivasi neutron. Untuk mendapatkan radioisotop dengan radioaktivitas jenis yang tinggi, radioisotop ini dapat diproduksi memanfaatkan reaksi Szilard Chalmer, yaitu memanfaatkan lepasnya ^{64}Cu hasil iradiasi dari matrik sasaran. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan karakteristik ^{64}Cu yang dapat diproduksi menggunakan reaktor G.A. Siwabessy dari sasaran tembaga ftalosianin. Tembaga ftalosianin sebanyak 200 mg diiradiasi di posisi pneumatic rabbit system selama 30 menit. Hasil iradiasi diukur menggunakan *gamma ionization chamber* untuk mendapatkan radioaktivitas yang dihasilkan. Kemudian radionuklida diukur menggunakan spektrometer gamma. Dari tiga kali iradiasi diperoleh ^{64}Cu dengan radioaktivitas sebesar 5,29; 5,70 dan 5,65 mCi. Dari pengukuran menggunakan spektrometer gamma diketahui bahwa tidak ada radionuklida lain yang terdeteksi. Dari pemisahan menggunakan metode emulsi masih diperoleh yield yang rendah sebesar 2,59; 3,18 dan 5,33%.

Kata kunci: tembaga-64, produksi radioisotop, tembaga ftalosianin

ABSTRACT

PRODUCTION OF COPPER-64 USING COPPER PHTHALOCYANINE TARGET.

Copper-64 is a positron emitter radioisotope with a wide range of applications. The radioisotope can be produced by neutron activation method from ^{63}Cu . For obtaining high specific radioactivity, Szilard Chalmer method can be applied, using the recoiling of ^{64}Cu from the target matrix. The objective of this study is obtaining the characteristics of ^{64}Cu that is produced using G.A. Siwabessy reactor with copper phthalocyanine target. Copper phthalocyanine 200 mg was irradiated at pneumatic rabbit system of GA Siwabessy reactor for 30 minutes. The radioactivity of ^{64}Cu was measured by gamma ionization chamber. The radionuclide purity was determined by gamma spectrometer. From 3 times of irradiation of 200 mg of copper phthalocyanine, the ^{64}Cu as high as 5.29, 5.70 and 5.65 mCi was obtained. The results of gamma spectrometer measurement showed that any other radioisotopes were not detected. Low yield (2.59; 3.18 and 5.33%) was obtained by separation using emulsion method.

Key words: Copper-64, radioisotope production, copper phthalocyanine.

PENDAHULUAN

Tembaga-64 (^{64}Cu) merupakan radioisotop dengan waktu paro 12,7 jam. Radioisotop ini meluruh dengan 3 jenis peluruhan, yaitu peluruhan *electron capture* (EC) (45%), beta (37%) dan positron (18%). Radiasi beta dan beta positif (positron) yang dipancarkan memiliki energi maksimum sebesar 0,578 MeV dan 0,653 MeV. Radioisotop ini memancarkan pula radiasi gamma dengan energi 1,346 MeV dengan intensitas 0,5%. Selain itu, beta positif yang dilepaskan akan segera bergabung dengan elektron dan terjadi anihilasi sehingga melepaskan radiasi elektromagnetik dengan energi 0,511 MeV. Radioisotop ini digunakan di bidang kedokteran nuklir dengan memanfaatkan karakteristik kimiawi tembaga dan karakteristik radioisotop ^{64}Cu [1,2].

Radioisotop ^{64}Cu dapat diproduksi melalui reaksi (n,p) dengan sasaran ^{64}Zn dan dapat pula melalui reaksi (n, γ) dengan sasaran ^{63}Cu . Dari reaksi pertama dapat diperoleh ^{64}Cu dalam bentuk bebas pengemban, namun reaksi ini memerlukan neutron cepat dan memiliki tampang lintang reaksi yang sangat kecil (10 μb). [2] Reaksi kedua merupakan reaksi yang lebih sederhana dan dapat menggunakan tembaga alam sebagai sasaran. Namun dari reaksi kedua perlu dilihat nilai radioaktivitas jenis yang dapat diperoleh dari reaksi ini. Radioaktivitas jenis yang didapatkan sangat tergantung pada besarnya fluks neutron fasilitas iradiasi yang digunakan.

Radioisotop ^{64}Cu dengan radioaktivitas jenis yang tinggi telah dilaporkan dapat diperoleh dengan memanfaatkan reaksi Szilard Chalmer. Reaksi ini memanfaatkan terlepasnya ^{64}Cu dari matrik sasaran sejalan dengan reaksi (n, γ). Radioisotop ^{64}Cu yang terlepas dari matrik sasaran dipisahkan dari matrik tersebut, sehingga diperoleh ^{64}Cu dengan radioaktivitas jenis yang tinggi karena unsur tembaga yang tidak teriradiasi tetap tertinggal di dalam matrik.

Pada produksi ^{64}Cu memanfaatkan reaksi Szilard Chalmer, sasaran yang digunakan dalam bentuk tembaga ftalosianin. Tembaga yang terkena paparan neutron dan berubah menjadi ^{64}Cu akan terlepas dari ftalosianin. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan karakteristik ^{64}Cu yang terbentuk serta pengotor radionuklida yang turut dihasilkan dengan memanfaatkan fasilitas iradiasi reaktor G.A. Siwabessy. Di dalam penelitian ini akan diteliti pula pengotor radionuklida yang muncul dari ftalosianin yang tersusun dari unsur N, C dan O.

TATA KERJA

Pada penelitian ini digunakan tembaga ftalosianin ($\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{CuN}_8$) dari Fluka dengan kemurnian 99,99%. Sasaran tembaga ftalosianin dengan jumlah 200 mg dimasukkan ke dalam ampul polietilena. Ampul tersebut dimasukkan ke dalam kapsul iradiasi yang terbuat juga dari poliethilena. Iradiasi dilakukan di posisi *pneumatic rabbit system* (PRS). Polietilena tersusun dari unsur karbon dan

hidrogen sehingga hampir tidak dihasilkan radioisotop dari material ini akibat paparan neutron. Oleh karenanya, hasil iradiasi dapat diproses lebih lanjut segera setelah iradiasi. Namun, jika iradiasi menggunakan wadah poliethilena, waktu iradiasi maksimum yang diijinkan oleh PRSG selama 30 menit didasarkan pada ketahanan panas bahan tersebut.[3]

Setelah iradiasi, ampul kwarsa dibuka dan tembaga ftalosianin diukur menggunakan Dose Calibrator Atom Lab100 plus untuk mendapatkan radoaktivitas ^{64}Cu yang diperoleh. Hasil pengukuran ini dihitung balik ke saat akhir iradiasi *end of irradiation* (EOI), sehingga didapatkan radioaktivitas saat tersebut. Hasil iradiasi dicuplik dan diukur menggunakan spektrometer gamma untuk mendapatkan kemurnian radionuklida. Spektrometer gamma dikalibrasi menggunakan sumber standar berupa ^{133}Ba , ^{137}Cs dan ^{60}Co .

Pada pemisahan menggunakan metode emulsi, tembaga ftalosianin hasil iradiasi dimasukkan ke dalam larutan HCl 4N dan diaduk selama 30 menit untuk memisahkan ^{64}Cu yang terbentuk dari matrik ftalosianin.[4] Emulsi disaring dan larutan yang diperoleh diukur radioaktivitasnya. Radioaktivitas dihitung balik ke saat sebelum pelarutan untuk mendapatkan yield ^{64}Cu yang berhasil dipisahkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tembaga ftalosianin sebanyak 200 mg telah diiradiasi di posisi pneumatic rabbit system selama 30 menit. Hasil iradiasi seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Radioaktivitas adalah radioaktivitas setelah dihitung balik saat EOI.

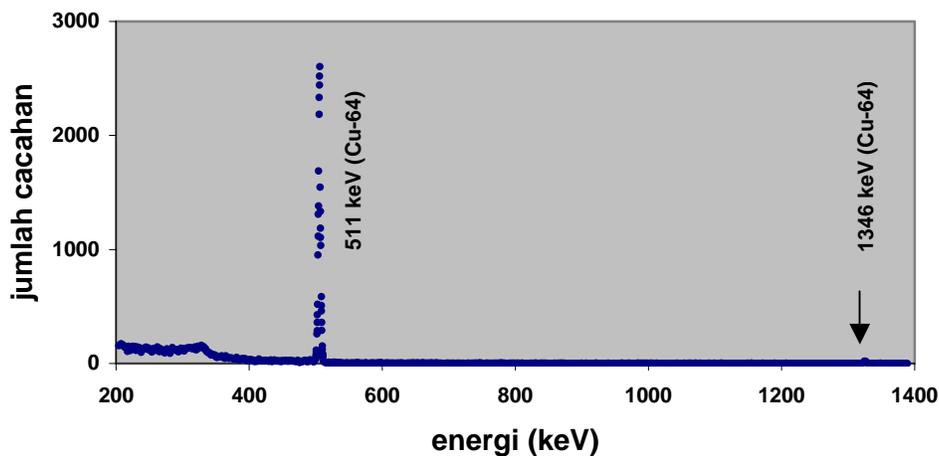
Tabel 1. Radioaktivitas ^{64}Cu yang dihasilkan

Iradiasi	Radioaktivitas saat EOI (mCi)	Radioaktivitas jenis (mCi/mg)
I	5,29	0,241
II	5,70	0,259
III	5,65	0,257

Dari tiga kali iradiasi diperoleh ^{64}Cu dengan radioaktivitas 5,29; 5,70 dan 5,65mCi saat EOI. Kandungan Cu di dalam tembaga ftalosianin sebesar 11,02% dari total berat. Oleh karenanya, jika dihitung besarnya radioaktivitas jenis tiap satuan berat Cu diperoleh nilai sebesar 0,241; 0,259 dan 0,257 mCi/mg.

Untuk mengetahui jenis jenis radionuklida yang terbentuk, hasil iradiasi diukur menggunakan spektrometer gamma. Puncak puncak energi yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar. Dari gambar 1 diketahui ada puncak yang tinggi pada energi 511 keV dan puncak yang kecil di energi 1346 keV. Energi 511 keV merupakan hasil anihilasi dari positron yang dilepaskan oleh ^{64}Cu setelah bergabung dengan elektron. Hasil penggabungan elektron dan positron

menghasilkan gelombang elektromagnetik dengan energi 511 keV. Sedangkan radiasi gamma dengan energi 1346 keV merupakan radiasi gamma yang dihasilkan dari inti ^{64}Cu saat meluruh menjadi ^{64}Ni melalui *electron capture* (EC). Intensitas radiasi gamma ini sangat kecil (0,4%) karena hanya sebagian kecil dari ^{64}Cu yang meluruh melalui EC. Selain kedua puncak ini tidak ditemukan puncak lain pada hasil pengukuran spektrometer gamma. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada radioisotop pemancar gamma lain yang dihasilkan di dalam hasil iradiasi.



Gambar 1. Hasil pengukuran tembaga ftalosianin yang telah diiradiasi menggunakan spektrometer gamma

Pengotor radionuklida yang dapat muncul dalam produksi radioisotop adalah radioisotop yang dihasilkan dari isotop lain dari unsur yang sama dan isotop isotop dari unsur lain di dalam sasaran. Tembaga di alam terdiri dari 2 jenis isotop, yaitu ^{63}Cu dan ^{65}Cu dengan kelimpahan masing masing 69,17 dan 30,83. Radioisotop yang terbentuk danampang lintang reaksi inti pembentukannya ditunjukkan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut diketahui bahwa radioisotop lain yang mungkin terbentuk adalah ^{66}Cu dengan waktu paro 5,10 menit. Karena pendeknya waktu paro, radioisotop tersebut segera meluruh sehingga radioaktivitasnya dapat diabaikan dalam waktu singkat. Dalam waktu 1 jam, radioisotop tersebut telah meluruh lebih dari 11 kali waktu peluruhan dan radioaktivitasnya tinggal kurang dari 0,05% dari radioaktivitas semula. Oleh karenanya, pada pengukuran spektrometer gamma yang dilakukan lebih dari 3 jam setelah EOI tidak ditemukan lagi adanya puncak radiasi gamma pada 1039 dan 833 keV yang merupakan radiasi gamma dari radioisotop ^{66}Cu .

Tabel 2. Kelimpahan isotop dalam tembaga alam dan radioisotop yang dihasilkan dari reaksi penangkapan neutron serta waktu paro dan tampang lintang reaksinya.

isotop	kelimpahan (%)	tampang lintang reaksi (barn)	isotop yang terbentuk	waktu paro
^{63}Cu	69,17	4,50	^{64}Cu	12,70 jam
^{65}Cu	30,83	2,17	^{66}Cu	5,10 menit

Selain unsur tembaga, di dalam ftalosianin terkandung unsur hidrogen, karbon dan oksigen. Kandungan jenis isotop ketiga unsur tersebut di alam ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan isotop alam pada unsur hidrogen, karbon dan nitrogen.

Unsur	Isotop	Kelimpahan (%)	radioisotop	Waktu paro	Tampang lintang (barn)
hidrogen	^1H	99,985	-	-	-
	^2H	0,015	^3H	12,3 tahun	0,0005
karbon	^{12}C	98,90	-	-	-
	^{13}C	1,10	^{14}C	5730 tahun	0,00002
oksigen	^{16}O	99,76	-	-	-
	^{17}O	0,038	-	-	-
	^{18}O	0,20	^{19}O	27 detik	0,0016

Hidrogen di alam terdiri dari 2 isotop, yaitu ^1H dan ^2H . Hasil iradiasi menggunakan neutron termal dapat menghasilkan radioisotop ^3H dari ^2H . Namun, tampang lintang reaksi ini hanya 0,0005 barn. Selain itu, waktu paro sangat panjang (12,3 tahun) sehingga dari iradiasi 30 menit, ^3H yang terbentuk dapat diabaikan.

Unsur karbon di alam terdiri dari 2 isotop, yaitu ^{12}C dan ^{13}C dengan kelimpahan masing masing sebesar 98,90 dan 1,10%. Dari isotop ^{13}C dapat terbentuk ^{14}C melalui aktivasi neutron. Namun, karena waktu paro yang panjang (5730 tahun) dan tampang lintang reaksi yang kecil (0,00002 barn), radioaktivitas yang terbentuk dapat diabaikan. Unsur oksigen di alam terdiri dari 3 isotop, yaitu ^{16}O , ^{17}O dan ^{18}O . Dari ^{18}O dapat terbentuk radioisotop ^{19}O . Namun, waktu paro

radioisotop ini sangat pendek (27 detik) sehingga beberapa menit setelah iradiasi, radioaktivitas segera berkurang dan dapat diabaikan.

Beberapa peneliti melaporkan telah berhasil memisahkan ^{64}Cu dari matrik ftalosianin. Salah satunya adalah pemisahan menggunakan metode emulsi.[5] Tembaga ftalosianin yang telah diiradiasi dimasukkan ke dalam larutan HCl 1N dan diaduk selama 30 menit. Selanjutnya emulsi disaring dan diperoleh larutan jernih $^{64}\text{CuCl}_2$. Hasil pemisahan dari penelitian ini ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pemisahan menggunakan metode emulsi

Pemisahan	Radioaktivitas sebelum pemisahan (μCi)	Radioaktivitas hasil pemisahan (μCi)	Yield (%)
I	518	13,4	2,59
II	478	15,2	3,18
III	1550	82,6	5,33

Dari tabel 3 diketahui bahwa dengan metode ini hanya dapat dihasilkan *yield* sebesar 2,59; 3,18 dan 5,33%. Sebagian besar ^{64}Cu yang dihasilkan dari iradiasi masih tertinggal di dalam matrik tembaga ftalosianin. Oleh karenanya perlu diteliti lebih lanjut metode pemisahan ^{64}Cu dari matrik ftalosianin agar diperoleh *yield* yang lebih tinggi.

KESIMPULAN

Dari produksi ^{64}Cu menggunakan sasaran tembaga ftalosianin diperoleh hasil sebagai berikut:

- Dari tiga kali iradiasi dengan sasaran sebanyak 200 mg selama 30 menit diperoleh ^{64}Cu dengan radioaktivitas sebesar 5,29; 5,70 dan 5,65 mCi.
- Dari pengukuran menggunakan spektrometer gamma diketahui bahwa tidak ada radionuklida lain yang terdeteksi.
- Dari pemisahan menggunakan metode emulsi diperoleh *yield* yang masih rendah sebesar 2,59; 3,18 dan 5,33%.

DAFTAR PUSTAKA

1. N. SAITOH DKK, Handbook of Radioisotope, Maruzen (1996).
2. JAPAN RADIOISOTOPE ASSOCIATION, Note Book of Radioisotope, Maruzen (1990).
3. SARWANI, Komunikasi Pribadi (2002).
4. Y. ISHIKAWA, Housyasen Gairon, Tsusankenkyusya (1992).

5. THE CHEMICAL SOCIETY OF JAPAN, Jikken kagaku kouza, Maruzen (1992).
6. IAEA, Manual for reactor produced radioisotopes, TECDOC-1340, (2003), 51 – 57