

## ANALISIS PEMBENTUKAN PENGOTOR RADIONUKLIDA PADA UJI PRODUKSI IODIUM-125

Rohadi Awaludin, Hotman Lubis, Anung Pujiyanto, Daya Agung Sarwono dan Ibon Suparman  
Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) - BATAN  
Kawasan Puspipetek, Tangerang, Banten

### ABSTRAK

**ANALISIS PEMBENTUKAN PENGOTOR RADIONUKLIDA PADA UJI PRODUKSI IODIUM-125.** Telah dilakukan evaluasi pembentukan radionuklida pada uji produksi Iodium-125 ( $^{125}\text{I}$ ) menggunakan target xenon diperkaya. Dari uji produksi yang telah dilakukan 9 kali diperoleh bahwa sampai dengan uji produksi ke-6 tidak ditemukan adanya pengotor radionuklida. Namun pada uji produksi ke 7, 8 dan 9 ditemukan adanya Iodium-126 ( $^{126}\text{I}$ ) dengan persentase 0,088%, 0,20% dan 0,28%. Radioisotop  $^{126}\text{I}$  dihasilkan dari penangkapan neutron oleh  $^{125}\text{I}$  yang telah terbentuk di dalam kamar iradiasi. Radioisotop ini ikut terbawa ke dalam botol peluruhan bersama sama dengan gas xenon hasil iradiasi pada saat pemindahan ke botol peluruhan. Diduga bahwa filter penyaring iodium yang telah dipasang di dalam fasilitas produksi  $^{125}\text{I}$  telah berkurang kinerjanya. Pengotor radionuklida lain yang memungkinkan terbentuk adalah  $^{137}\text{Cs}$  dari isotop  $^{136}\text{Xe}$  yang terkandung di dalam target xenon. Sampai dengan uji produksi ke-9 tidak ditemukan adanya pengotor  $^{137}\text{Cs}$  di dalam hasil uji produksi. Diduga bahwa  $^{137}\text{Cs}$  yang terbentuk tetap tertahan di kamar iradiasi.

**Kata kunci:** Iodium-125, produksi radioisotop, pengotor radionuklida.

### ABSTRACT

**ANALYSIS OF RADIONUCLIDE IMPURITY FORMATION IN IODINE-125 PRODUCTION TEST.** Evaluation on formation of radionuclide impurity in iodine-125 ( $^{125}\text{I}$ ) production tests has been carried out. The production tests have been carried out 9 times and the radionuclide impurity was not found until the 6<sup>th</sup> test. However, The radionuclide impurity  $^{126}\text{I}$  was found in the 7<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> test with percentage of 0.088, 0.20 and 0.28%. Iodine-126 was produced by neutron capture of  $^{125}\text{I}$  in the irradiation chamber. The radioisotope moved to the decay pot together with the irradiated xenon gas. It is considered that the performance of the iodine filter has decreased. Other possibly produced radionuclide impurity is  $^{137}\text{Cs}$  from  $^{136}\text{Xe}$ . The radionuclide was not detected in the product. It is considered that the produced  $^{137}\text{Cs}$  remains in the irradiation chamber.

**Keywords:** Iodine-125, radioisotope production, radionuclide impurity.

## PENDAHULUAN

Penggunaan radioisotop di bidang kesehatan terus menunjukkan peningkatan. Di Jepang dan Amerika Serikat, skala penggunaan radioisotop telah mencapai sekitar 5% dari total belanja di bidang kesehatan di kedua negara tersebut. Salah satu radioisotop yang terus berkembang penggunaannya adalah Iodium-125[1]. Radioisotop ini merupakan radioisotop pemancar gamma berenergi rendah yaitu 35,5 keV. dan memiliki waktu paro 59,4 hari. Iodium-125 telah dikembangkan pemanfaatannya untuk tujuan diagnosis menggunakan radioassay, deteksi osteoporosis, pembuatan sumber tertutup untuk penanganan kanker dan *radioactive tracer* pada pengembangan obat. Radioisotop ini dapat dihasilkan melalui reaksi aktivasi neutron dengan menembakkan neutron termal pada sasaran isotop  $^{124}\text{Xe}$ . Penembakan ini menghasilkan radioisotop  $^{125}\text{Xe}$  yang selanjutnya akan meluruh menjadi  $^{125}\text{I}$  [2,3,4].

Radioisotop  $^{125}\text{I}$  digunakan diantaranya karena mempunyai kelebihan berupa rendahnya energi radiasi gamma dibandingkan radioisotop iodium lainnya. Oleh karena itu, keberadaan radionuklida lain yang memancarkan radiasi gamma energi tinggi atau pemancar partikel bermuatan seperti beta atau alpha, akan memberikan dampak negatif pada penggunaan  $^{125}\text{I}$ . Keberadaan radioisotop lain dalam jumlah sedikit pun akan

meningkatkan paparan radiasi secara signifikan. Oleh karena itu,  $^{125}\text{I}$  membutuhkan kemurnian radionuklida yang tinggi agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Radioisotop  $^{125}\text{I}$  yang telah dibuat memiliki kemurnian radionuklida lebih dari 99,9%. Kemungkinan pengotor radionuklida yang dapat terkandung adalah  $^{126}\text{I}$  dan  $^{137}\text{Cs}$  [5].

Pusat radioisotop dan radiofarmaka BATAN telah berhasil melakukan uji produksi iodium-125 menggunakan sasaran xenon dengan kandungan xenon-124 diperkaya 82,4%. Hasil uji ini perlu dievaluasi dari berbagai sisi, diantaranya kemurnian radionuklida  $^{125}\text{I}$  yang dihasilkan. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui kemurnian radionuklida  $^{125}\text{I}$  yang berhasil dibuat dan pengotor radionuklida yang terbentuk di dalamnya. Dari hasil kegiatan ini diharapkan diperoleh langkah langkah perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan kemurnian radionuklida produk yang dihasilkan.

## TATA KERJA

Larutan  $^{125}\text{I}$  dari uji operasi dicuplik sebanyak 5  $\mu\text{l}$  dan diukur menggunakan spektrometer gamma. Detektor yang digunakan adalah detektor germanium Canberra model GC1520. Preamplifier yang digunakan adalah Canberra model 2002CSL. Pengukuran hasil uji produksi dilakukan dari

uji produksi ke-1 sampai dengan uji produksi ke-9. Sebelum digunakan, spektrometer gamma tersebut dikalibrasi menggunakan radioisotop standar  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{60}\text{Co}$  untuk kalibrasi energi dan efisiensi detektor. Dari puncak yang diperoleh selanjutnya dihitung besarnya radioaktivitas radioisotop tersebut.

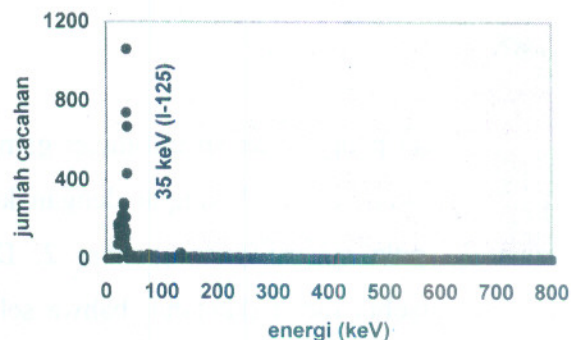
Pada evaluasi ini dilakukan pula penelusuran kemungkinan terbentuknya radionuklida pengotor secara teoritis dari komposisi gas xenon yang digunakan. Komposisi gas xenon yang digunakan pada uji produksi ini ditunjukkan pada table 1. Dari tabel tersebut dikaji reaksi reaksi inti yang terjadi dan dampaknya pada hasil uji produksi.

**Tabel 1.** Kandungan isotop di dalam sasaran gas xenon diperkaya.

Jenis isotop	Kandungan atom (% jumlah)
$^{124}\text{Xe}$	82,4
$^{126}\text{Xe}$	0,6
$^{128}\text{Xe}$	0,3
$^{129}\text{Xe}$	4,5
$^{130}\text{Xe}$	0,7
$^{131}\text{Xe}$	3,6
$^{132}\text{Xe}$	4,6
$^{134}\text{Xe}$	1,8
$^{136}\text{Xe}$	1,5

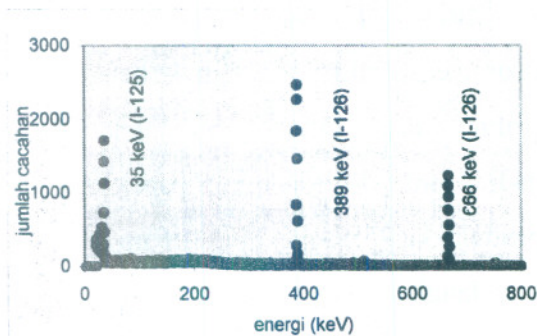
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran menggunakan spektrometer gamma diketahui bahwa pola spektrum yang dihasilkan dapat dibagi menjadi 2 pola. Pola 1 adalah spektrum dari uji produksi ke-1 sampai dengan uji produksi ke-6, sedangkan pola 2 adalah spectrum dari uji produksi ke-7 sampai dengan ke-9.



**Gambar 1.** Hasil pengukuran spektrometer gamma untuk uji produksi  $^{125}\text{I}$  ke-5 (pola 1)

Pada pola 1, di dalam spektrometer gamma tidak ditemukan puncak lain selain puncak energi yang rendah sekitar 35 keV. Pola tersebut sama dari hasil uji produksi ke-1 sampai dengan ke-6. Oleh karenanya, dari hasil ini diketahui bahwa dari uji produksi ke-1 sampai dengan ke-6 tidak terdeteksi adanya radionuklida pengotor.



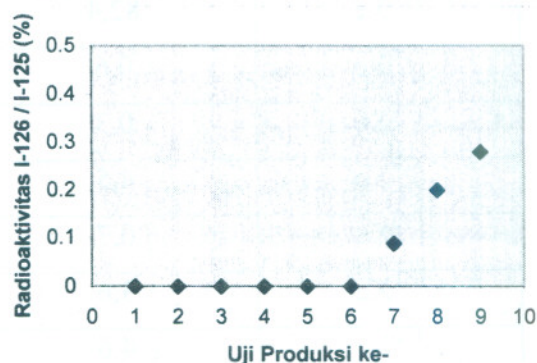
**Gambar 2.** Hasil pengukuran spektrometer gamma dari Iodium-125 hasil uji produksi ke-9 (pola 2)

Hasil pengukuran spectrometer gamma untuk uji produksi ke-7 sampai dengan ke-9 memiliki pola seperti pada gambar 2. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa selain puncak pada energi rendah sekitar 35 keV, juga ditemukan puncak pada energi 389 dan 666 keV. Kedua puncak ini bersesuaian dengan besarnya energi gamma yang dipancarkan oleh  $^{126}\text{I}$ . Radiasi gamma dengan energi 389 keV dipancarkan dengan intensitas 34,0 % sedangkan energi 666 keV sebesar 33,1 %. Jadi, dari hasil tersebut diketahui bahwa di dalam uji produksi  $^{125}\text{I}$  ke-7 sampai dengan ke-9 terkandung  $^{126}\text{I}$ .

Dari luas area untuk energi 389 keV dan 666 keV tersebut selanjutnya dihitung besarnya radiaktivitas  $^{126}\text{I}$ . Kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan nilai radioaktivitas  $^{125}\text{I}$ . Hasil perbandingan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.

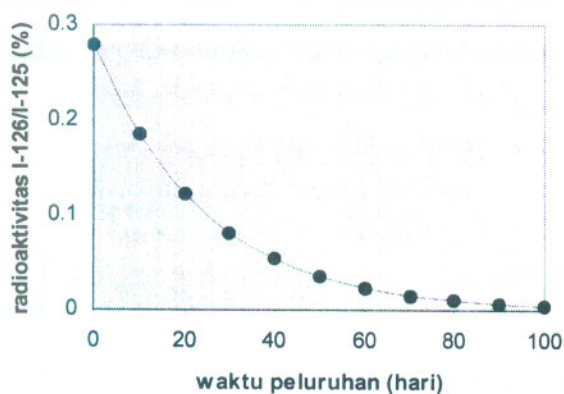
Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa sampai dengan uji produksi ke-6 tidak terdeteksi adanya  $^{126}\text{I}$ . Sedangkan dari hasil uji produksi ke-7, ke-8 dan ke-9 ditunjukkan kandungan  $^{126}\text{I}$  masing masing sebesar 0,088%, 0,20% dan 0,28%. Dari uji produksi ke-7 sampai dengan ke-9, persentase  $^{126}\text{I}$  meningkat mendekati linear.

Radioisotop iodium termasuk  $^{126}\text{I}$  yang terbentuk di dalam kamar iradiasi ditahan oleh filter iodium saat pemindahan gas xenon hasil iradiasi. Kenaikan  $^{126}\text{I}$  diduga dikarenakan penurunan kinerja filter iodium di dalam fasilitas produksi. Setelah digunakan 6 kali uji produksi, pada uji produksi ke-7 mulai ada sebagian dari iodium yang lolos dari filter iodium. Iodium yang lolos ini terbawa sampai dengan botol peluruhan sehingga terkandung di dalam hasil uji produksi.



**Gambar 3.** Kandungan  $^{126}\text{I}$  di dalam uji produksi ke-1 sampai dengan ke-9

Iodium-126 memiliki waktu paruh 13,1 hari, sehingga meluruh lebih cepat dari  $^{125}\text{I}$  yang memiliki waktu paruh 59,4 hari. Oleh karena itu, persentase  $^{126}\text{I}$  dibandingkan dengan  $^{125}\text{I}$  berkurang seiring dengan waktu peluruhan. Perubahan persentase dari hasil perhitungan sampai dengan 100 hari ditunjukkan pada gambar 4 untuk hasil uji produksi ke-9. Dalam perhitungan ini digunakan nilai uji ke-9 karena hasil produksi tersebut merupakan nilai persentase tertinggi. Hari ke-0 menunjukkan hari pada saat pengukuran.



**Gambar 4.** Perubahan persentase radioaktivitas  $^{126}\text{I}$  dibandingkan  $^{125}\text{I}$  seiring dengan waktu untuk uji produksi ke-9.

Dari gambar 4 diketahui bahwa persentase  $^{126}\text{I}$  berkurang secara eksponensial seiring dengan waktu. Namun radioaktivitas

$^{125}\text{I}$  juga mengalami penurunan dengan dengan waktu paruh 59,4 hari. Setelah 100 hari, radioaktivitas  $^{125}\text{I}$  tinggal 31,1% dari radioaktivitas semula.

Hasil perhitungan tersebut sesuai dengan hasil penurunan persamaan umum peluruhan secara matematis. Hasil pembagian antara radioaktivitas  $^{126}\text{I}$  dengan  $^{125}\text{I}$  sejalan dengan waktu dapat diturunkan menjadi persamaan berikut.

$$P_t = P_0 \text{Exp} ((\lambda_{\text{I-126}} - \lambda_{\text{I-125}})t) \quad (1)$$

Dimana,

$P_t$  : Persentase saat  $t$  (%)

$P_0$  : Persentase saat  $t_0$  (%)

$\lambda_{\text{I-126}}$  : Koefisien peluruhan I-126 ( $\text{s}^{-1}$ )

$\lambda_{\text{I-125}}$  : Koefisien peluruhan I-125 ( $\text{s}^{-1}$ )

$t$  : waktu peluruhan (s)

Iodium-126 dapat terbentuk dengan reaksi seperti pada Gambar 5. Pada saat iradiasi gas xenon di dalam kamar iradiasi, sebagian dari  $^{125}\text{Xe}$  yang terbentuk meluruh menjadi  $^{125}\text{I}$ . Radioisotop  $^{125}\text{I}$  yang terbentuk mendapat paparan neutron dan membentuk  $^{126}\text{I}$ . Tampang lintang reaksi inti ini sebesar 894 barn[3].

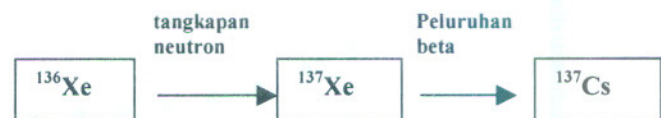


**Gambar 5.** Reaksi inti pembentukan Iodium-126.

Pada prosedur pengoperasian fasilitas produksi  $^{125}\text{I}$ , pada saat memindahkan gas xenon hasil iradiasi ke dalam botol peluruhan dilewatkan pada filter iodium. Tujuannya adalah menangkap iodium yang ikut terbawa bergerak menuju botol peluruhan karena di dalamnya terkandung iodium-126 selain iodium-125. Sehingga agar mendapatkan Iodium-125 dengan kemurnian tinggi, maka seluruh Iodium termasuk  $^{126}\text{I}$  yang terbentuk di dalam kamar iradiasi harus dapat ditahan oleh filter iodium. Ditemukannya Iodium-126 di dalam hasil uji produksi mulai dari uji ke-7 menunjukkan bahwa ada sebagian iodium dari kamar iradiasi yang dapat menembus filter iodium. Oleh karena itu, untuk menghilangkan kandungan  $^{126}\text{I}$  di dalam produk diperlukan pemeriksaan filter iodium yang ada di dalam fasilitas produksi.

Selain iodium-126, pengotor radionuklida lain yang dilaporkan dapat terbentuk adalah  $^{137}\text{Cs}$ . Radioisotop  $^{137}\text{Cs}$  terbentuk melalui reaksi inti seperti ditunjukkan pada gambar 6. Cesium-137 dapat terbentuk dari peluruhan  $^{137}\text{Xe}$  yang dihasilkan

dari tangkapan neutron oleh  $^{136}\text{Xe}$ . Di dalam sasaran target diperkaya mengandung  $^{136}\text{Xe}$  sebesar 1,5% jumlah atom. Sehingga Cesium-137 memungkinkan pula dapat terkandung di dalam hasil uji produksi. Namun demikian, pengukuran spektrometer gamma, di dalam hasil pengukuran tidak ditemukan adanya puncak energi pada 662 keV yang merupakan radiasi gamma dari  $^{137}\text{Cs}$  dengan intensitas 85,1%. Energi ini berdekatan dengan energi gamma dari  $^{126}\text{I}$  yang sebesar 666 keV. Spektrometer yang digunakan pada pengukuran ini memiliki resolusi energi yang tinggi dengan FWHM (*full width at half maximum*) sebesar 2,1 keV untuk puncak  $^{126}\text{I}$  pada 666 keV. Oleh karenanya, jika ada puncak pada 662 keV, puncak tersebut akan terlihat dengan jelas karena ada perbedaan 4 keV.



**Gambar 6.** Reaksi inti pembentukan  $^{137}\text{Cs}$  dari isotop xenon.

Dari komposisi isotop sasaran dapat dipastikan bahwa selama iradiasi di dalam kamar iradiasi terbentuk  $^{137}\text{Cs}$ . Namun radioisotop ini diduga terikat pada lapisan dalam kamar iradiasi. Pada saat pemindahan

gas xenon hasil iradiasi ke dalam botol peluruhan, ada  $^{137}\text{Xe}$  (waktu paruh 3,8 menit) yang ikut terbawa ke dalam botol peluruhan. Namun karena kandungan  $^{136}\text{Xe}$  hanya 1,5% (Tabel 1) dan waktu paruh  $^{137}\text{Cs}$  sangat panjang (30 tahun), radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$  yang terbentuk dari gas ini sangat kecil kurang dari  $10^{-4}$   $\mu\text{Ci}$  [7]. Pada xenon alam,  $^{136}\text{Xe}$  terkandung sebanyak 8,9%. Pembentukan  $^{137}\text{Cs}$  ini perlu mendapat perhatian jika digunakan xenon alam dalam produksi  $^{125}\text{I}$ .

#### KESIMPULAN

Dari hasil analisis pengotor radionuklida dari hasil uji produksi Iodium-125 menggunakan gas xenon diperkaya dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Sampai dengan uji produksi ke-6, pengotor  $^{126}\text{I}$  tidak terdeteksi di dalam hasil uji produksi.
- Pada uji produksi ke-7, ke-8 dan ke-9 di dalam hasil produksi terkandung  $^{126}\text{I}$  sebesar 0,088%, 0,20% dan 0,28%.
- Persentase  $^{126}\text{I}$  menurun seiring dengan waktu karena waktu paruh  $^{126}\text{I}$  hanya 13,1 hari lebih pendek dari waktu paruh  $^{125}\text{I}$  yang sebesar 59,4 hari.
- Untuk menanggulangi pengotor  $^{126}\text{I}$  perlu peningkatan kinerja filter iodine di dalam fasilitas produksi.
- Pengotor  $^{137}\text{Cs}$  yang terbentuk selama uji produksi tidak ditemukan di dalam hasil uji

produksi, diduga tetap tertahan di kamar iradiasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. T. INOUE, K. HAYAKAWA, H. SHIOTARI, E. TAKADA AND M. TORIKOSHI Economic scale of Utilization of Radiation (III): Medicine, *Journal of Nuclear Science and Technology*, **39**, 2002.
2. N. SAITOH DKK, "Handbook of Radioisotope", Maruzen, Tokyo (1996).
3. JAPAN RADIOISOTOPE ASSOCIATION, "Note Book of Radioisotope", Maruzen, Tokyo (1990).
4. MEDIPHYSICS, Manufacturing manual of I-125, New York (1985)
5. NORDION, Product Information, (2005)
6. THE CHEMICAL SOCIETY OF JAPAN, "Jikken kagaku kouza", Maruzen, Tokyo (1992).
7. R. AWALUDIN, Penggunaan Ulang Xenon pada Produksi Iodium-125, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, (2006)