



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA V  
"Kontribusi Kimia dan Pendidikan Kimia dalam  
Pembangunan Bangsa yang Berkarakter"  
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS  
Surakarta, 6 April 2013



MAKALAH  
PENDAMPING

PENDIDIKAN KIMIA  
(Kode : E-01)

ISBN : 979363167-8

## PRODUKSI IODIUM-125 MENGGUNAKAN TABUNG PENYIMPANAN TERMODIFIKASI

Daya Agung Sarwono\*, Sriyono, Abidin, Hambali dan Hadirahman

*Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR)–BATAN*

\*Keperluan korespondensi, email : [sarwono@batan.go.id](mailto:sarwono@batan.go.id)

### ABSTRAK

Salah satu fasilitas untuk produksi radioisotop I-125 adalah *xenon loop* dan *iodine manifold* yang terletak di fasilitas S1 RSG GA Siwabessy. Tabung penyimpanan merupakan salah satu komponen yang penting pada bagian *iodine manifold* yang berfungsi untuk menyimpan target gas xenon-124. Telah dilakukan modifikasi volume tabung penyimpanan pada fasilitas produksi Iodium-125 dari volume 50 ml menjadi 420 ml. Tujuan dari modifikasi ini adalah untuk menurunkan tekanan gas xenon-124 didalam tabung penyimpanan agar aman dan tidak terjadi kebocoran. Pada kegiatan ini dipakai sasaran gas xenon-124 diperkaya 99,98 %, dengan jumlah target 0,01625 mol. Dari hasil uji produksi sebanyak 8 kali dengan menggunakan tabung penyimpanan gas xenon-124 volume 420 ml diperoleh radioisotop Iodium-125 dengan radioaktivitas sebesar 8.367 mCi, 9.738 mCi, 6825, 6013, 6432, 5908, 5437, dan 4985 mCi, pengotor radionuklida Iodium-126 sebesar 0,047 % , 0,12 % , 0,58 % , 0,60%, , 1,05 % , 1,37 % , 1,97 % , dan 2,84% pada saat pelarutan (7 hari setelah iradiasi).

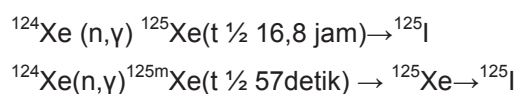
**Kata kunci:** *Tabung penyimpanan termodifikasi, Iodium-125, xenon-124 diperkaya.*

### PENDAHULUAN

Iodium-125 adalah radioisotop pemancar gamma berenergi rendah 35,5 KeV dengan intensitas 6,7% dan mempunyai waktu paro ( $t_{1/2}$ ) 60,1 hari.

Radioisotop tersebut meluruh melalui *electron capture (EC)* menjadi isotop stabil telurium-125[1]. Selain memancarkan energi gamma 35,5 KeV Iodium-125 juga

memancarkan sinar X pada energi 27 dan 31 KeV serta 21 elektron *Auger* pada energi 50 – 500 eV yang dimanfaatkan untuk radioterapi[2]. Iodium-125 dihasilkan dari peluruhan xenon-125 yang memiliki waktu paro 16,8 jam dan peluruhan xenon-125 *meta stabil* dengan waktu paro 57 detik[3]. Xenon-125 dan xenon-125 *meta stabil* dapat dihasilkan dari aktivasi neutron sasaran xenon-124 melalui reaksi nuklir :



Radioisotop Iodium-125 telah dipakai di PRR untuk beberapa penelitian dan pengembangan diantaranya penandaan dan biodistribusi radiofarmaka terapi kanker otak dalam bentuk  $^{125}\text{I}$ -*Nimotuzumab*, pembuatan seed brakitarapi I-125 untuk pengobatan kanker dengan cara implan, selain itu I-125 dimanfaatkan sebagai *immunoradiometric assay* (IRMA) sebagai perunut untuk deteksi dan pemantauan " *tumor marker*" (pertanda tumor) dalam serum darah[4].

Untuk pembuatan radioisotop I-125, PRR telah memiliki fasilitas produksi I-125 yang diletakkan di RSG-GAS. Fasilitas produksi I-125 terdiri dari dua bagian yaitu *xenon loop* dan *iodine manifold* yang ditempatkan di *experimentation hall* [5]. *Xenon loop* terdiri atas kamar iradiasi dan *coaxial pipe*. Kamar iradiasi dengan volume 1000 ml berfungsi sebagai wadah sasaran gas xenon selama iradiasi berlangsung. Coaxial pipe terdiri dari dua pipa yaitu pipa primer dan pipa sekunder dengan diameter luar masing-masing 0,63 cm dan 0,95 cm

serta tebal pipa masing-masing 0,9 mm dan 0,7 mm serta panjang 2184 mm. Pipa primer berfungsi sebagai jalur masuk dan keluarnya gas xenon ke kamar iradiasi. Pipa sekunder dihubungkan dengan silinder yang membungkus kamar iradiasi yang berisi gas helium sebagai media deteksi kebocoran kamar iradiasi dan sebagai pendingin selama berlangsungnya proses iradiasi. *Iodine manifold* terdiri atas pipa gas, tabung produk, tabung penyimpanan target, *cold finger*, *cold trap*, *vacuum gauge*, pompa vakum dsb. *Iodine manifold* tersebut dikungkung didalam *glove box* yang dibuat dari bahan *fibre glass*, aluminium, *lead brick* dan *lead sheet*. *Glove box* tersebut ditempatkan di *experimentation hall* RSG- GA. Siwabessy dan sistem ventilasinya dihubungkan langsung dengan sistem ventilasi reaktor KLA-70, sehingga tekanan udara di dalam *glove box* lebih kecil dari tekanan *experimentation hall*.

Sebelum tahun 2009 gas xenon-124 sebanyak 0,0223 mol disimpan dalam tabung dengan volume 50 ml dan tekanan gas yang terukur mencapai 10,7 atm. Penyimpanan gas dengan tekanan tinggi dalam waktu lama memiliki kerawanan terjadi kebocoran. Pada tahun 2009 PRR melakukan modifikasi volume tabung penyimpanan target gas xenon pada fasilitas produksi Iodium-125 dari volume 50 ml menjadi 420 ml. Tujuan dari modifikasi volume tabung penyimpanan ini adalah untuk menurunkan tekanan gas

xenon-124 selama penyimpanan sehingga aman dan tidak terjadi kebocoran.

Proses pembuatan Iodium-125 merupakan suatu rangkaian proses yang rumit karena reaksi yang terjadi adalah reaksi bertahap menggunakan sasaran berbentuk gas yang punya potensi untuk lepas ke lingkungan selain itu harga dari gas xenon-124 diperkaya relatif mahal. Telah dilaporkan oleh Awaludin R, dkk. tentang pembuatan Iodium-125 dari sasaran xenon-124 diperkaya 82,4 % dengan jumlah target 0,0223 mol dengan menggunakan tabung penyimpanan dengan volume sebesar 50 ml. Pembuatan Iodium-125 dilakukan pada fasilitas *xenon loop* di fasilitas iradiasi S1 reaktor G.A Siwabessy dengan lama iradiasi selama 24 jam. Hasil Iodium-125 pada uji ke-1 sampai ke-8 diperoleh radioaktivitas masing-masing sebesar 9541 mCi, 9801 mCi, 11.239 mCi, 9458 mCi, 3293 mCi, 3735 mCi, 4693 mCi dan 2744 mCi. Radioaktivitas rerata diperoleh sebesar 6813 mCi. Sampai uji ke-6 tidak ditemukan pengotor radionuklida Iodium-126. Pada uji pembuatan ke-7 dan ke-8 ditemukan pengotor I-126 sebesar 0,088 dan 0,20 % dari radioaktivitas I-125[6].

Pada kegiatan ini dipakai sasaran gas xenon-124 diperkaya 99,98 %, dengan jumlah target sebanyak 0,01625 mol. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengevaluasi kinerja tabung penyimpanan baru dengan volume 420 ml dari hasil pembuatan Iodium-125. Evaluasi hasil meliputi konsentrasi radioaktivitas dalam

produk terhadap batasan spesifikasi yang ditetapkan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan peralatan

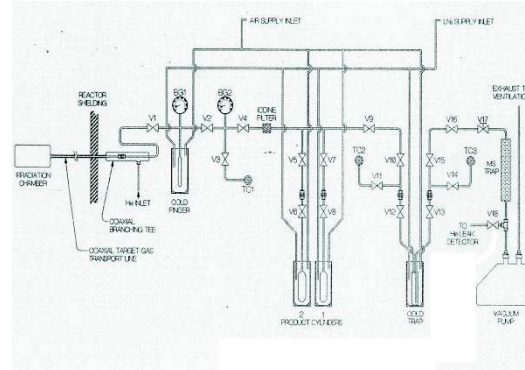
Peralatan gelas yang digunakan berspesifikasi *pyrex*. Bahan kimia sebagai pereaksi yang digunakan adalah pro analisis dari *Merck*. Bahan sasaran adalah gas xenon-124 diperkaya 99,98 % dari Chemgas-Prancis sebanyak 400 ml (pada P dan T standar). Fasilitas produksi Iodium-125 menggunakan *Xe-loop* yang berada di fasilitas iradiasi S1 di reaktor G.A. Siwabessy. Pengukuran radioaktivitas menggunakan *GIC (Gamma Ionization Chamber) Dose Calibrator ATOMLAB 100 plus* dan pemeriksaan radionuklida menggunakan spektrometer sinar gamma dengan perangkat analisator saluran ganda yang dilengkapi dengan Detektor Canberra HPGE, Detector model GC 1520. Pre amp Model 2002 CSI, Bias voltage (+) 3000 V, Power Supply Model 1000 Canberra dan Amplifier Canberra Model 2026.

### B. Produksi Iodium-125 menggunakan fasilitas produksi *Xe-loop*

Fasilitas produksi *Xe-loop* dilengkapi beberapa komponen utama yaitu kamar iradiasi (*irradiation chamber*), tabung penyimpanan target (*product cylinder 1*), tabung produk (*product cylinder 2*), filter Iodium (*iodine filter*), pompa vakum (*vacuum pump*) dan beberapa *valve*. Dilengkapi 2 buah indikator tekanan *bourdon gauge (BG)* dan 3 buah indikator

kevakuman *tachometer* (TC) . Indikator tekanan berfungsi untuk memantau tekanan gas xenon dalam sistem, indikator kevakuman untuk memastikan ada dan tidaknya kebocoran sistem. Filter Iodium (*iodine filter*) berfungsi untuk menangkap atau menyerap iodium hasil iradiasi Xe-124 sewaktu penarikan gas pasca iradiasi ke tabung produk. Untuk pemindahan gas xenon baik untuk pengiriman ke kamar iradiasi atau penarikan kembali ke tabung produk digunakan nitrogen cair (*cryogenic system*). Sebelum kegiatan produksi dilakukan terlebih dahulu dilakukan pengecekan kevakuman sistem untuk memastikan bahwa sistem tersebut tidak bocor yang bisa dipantau melalui indikator kevakuman *tachometer* (TC) terbaca  $\leq 50$  millitorr. Selanjutnya dilakukan pevakuman atau *flashing* dengan tujuan untuk menarik sisa gas yang masih berada di kamar iradiasi atau di jalur pipa-pipa dengan tujuan untuk menekan jumlah pengotor radionuklida yang akan mempengaruhi produk akhir. Gas xenon dengan pengkayaan 99,98% sebagai bahan sasaran yang tersimpan dalam tabung penyimpanan (*product cylinder 1*) di kirim ke kamar iradiasi (*irradiation chamber*) yang berada di dalam fasilitas iradiasi S1 teras reaktor GA. Siwabessy. Iradiasi gas xenon dilakukan selama 24 jam pada daya 15 MW menghasilkan fluks neutron sebesar  $3,4 \times 10^{13} \text{ ns}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ . Setelah iradiasi gas xenon ditarik ke tabung produk (*product cylinder 2*) dengan bantuan nitrogen cair (*cryogenic system*) dan

selanjutnya dilakukan peluruhan selama 7 hari. Skema fasilitas proses produksi I-125 ditunjukkan pada gambar 1.



C. Gambar 1. Skema fasilitas produksi radioisotop I-125

#### D. Pelarutan iodium – 125 dari tabung produk

Setelah peluruhan selama 7 hari gas xenon yang tidak teraktivasi dipindahkan dari tabung produk ke tabung penyimpanan. Tabung produk yang berisi iodium-125 dari hasil peluruhan Xe-125 dikeluarkan dari fasilitas *Xe-loop* dibawa ke gedung PRR untuk dilakukan pelarutan. Iodium-125 dalam tabung produk dilarutkan dengan NaOH 0,005 N dengan volume yang telah ditentukan (pelarutan dilakukan dilakukan tiga kali). Hasil dari tiga kali pelarutan disebut fraksi I, II dan III.

#### Pengukuran Radioaktivitas

Untuk mengetahui aktivitas yang diperoleh dari hasil pelarutan iodium-125 dari masing-masing fraksi maka dilakukan pengukuran radioaktivitas. Dilakukan pencuplikan sampel dengan menggunakan pipet mikro sebesar 20  $\mu\text{L}$ . Selanjutnya sampel ditotolkan pada kertas *whatman* dan dimasukkan dalam plastik untuk diukur radioaktivitasnya dengan

menggunakan GIC (*Gamma Ionization Chamber*). Aktivitas yang diperoleh dapat dihitung dengan mengalikan hasil pengukuran dengan volume yang diperoleh dari masing-masing fraksi sehingga didapat aktivitas total keseluruhan dari hasil pelarutan.

#### **Pemeriksaan kemurnian radionuklida**

Kemurnian radionuklida dilakukan dengan mengambil sebanyak 5  $\mu\text{l}$  larutan  $\text{Na}^{125}\text{I}$  dengan bantuan pipet mikro kemudian ditotolkan pada ujung kertas *whatman* no 1 dan dikeringkan. Terhadap cuplikan dilakukan pengukuran pengotor radionuklida dengan menggunakan spektrometer gamma. Puncak yang muncul diamati dan dicatat selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan konsentrasi pengotor radionuklida.

#### **E. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam percobaan ini dipakai gas Xe-124 diperkaya dengan pengkayaan 99,98 % dengan volume gas sebesar 400 ml dan tekanan sebesar 1 atm pada suhu kamar. Dari target ini didapat kandungan gas Xe-124 diperkaya sebesar 0,01625 mol. Selanjutnya gas Xe-124 tersebut dipindahkan ke dalam tabung penyimpanan (*product cylinder 1*) dalam sistem *xenon loop* dimana volume tabung penyimpanan dalam sistem sebesar 420 ml. Sebelum modifikasi dilakukan dipakai tabung penyimpanan sebesar 50 ml dimana tabung penyimpanan 50 ml memiliki resiko kebocoran karena bila dipakai untuk penyimpanan target tersebut memberikan tekanan sebesar 8 atm.

Sedangkan bila disimpan dengan tabung penyimpanan sebesar 420 ml maka tekanan gas yang terukur didalam sistem sebesar 0.952381 atm. Tekanan sebesar ini memberikan potensi kebocoran yang lebih kecil bila dibanding dengan tabung penyimpanan lama dimana tekanan yang ditimbulkan sebesar 8 atm.

Selanjutnya gas xenon-124 dengan pengkayaan 99,98% sebagai bahan sasaran yang tersimpan dalam tabung penyimpanan (*product cylinder 1*) di kirim ke kamar iradiasi (*irradiation chamber*) yang berada di dalam fasilitas iradiasi S1 teras reaktor GA. Siwabessy. Iradiasi gas xenon-124 dilakukan selama 24 jam pada daya 15 MW menghasilkan fluks neutron sebesar  $3,4 \times 10^{13} \text{ ns}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ . Setelah iradiasi gas xenon ditarik ke tabung produk (*product cylinder 2*) dengan bantuan nitrogen cair (*cryogenic system*) dan selanjutnya dilakukan peluruhan selama 7 hari.

Dari proses pelarutan I-125 dari botol produk diperoleh larutan 1, 2 dan 3 masing-masing disebut fraksi. Volume NaOH dengan konsentrasi 0,005 N yang dipakai sebesar 5 ml. Dari hasil pelarutan didapat radioaktivitas I-125. Radioaktivitas I-125 yang diperoleh tersebut dijumlah dan diperoleh radioaktivitas total hasil uji produksi. Radioaktivitas total tersebut adalah radioaktivitas pada saat pelarutan atau 7 hari dari peluruhan gas Xe-125 pasca iradiasi. Radioaktivitas I-125 yang dihasilkan selama 8 kali iradiasi gas Xe-124 dengan pengkayaan 99,98% dengan

jumlah target sebanyak 0,01625 mol diperoleh radioaktivitas seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pembuatan I-125 dari sasaran gas xenon-124 diperkaya 99,98%

No Batch	Radioaktivitas I-125 7 hari pasca EOI (mCi)	Persentase radionuklida I-126 dalam produk
RI-01	8367	0,047 %
RI-02	9738	0,12 %
RI-03	6825	0,58 %
RI-04	6013	0,60 %
RI-05	6432	1,05 %
RI-06	5908	1,37 %
RI-07	5437	1,97 %
RI-08	4985	2,84 %

Pada tabel 1 ditunjukkan bahwa selama 8 kali pembuatan I-125 diperoleh radioaktivitas masing-masing sebesar 8.367 mCi, 9.738 mCi, 6825, 6013, 6432, 5908, 5437, dan 4985 mCi. Dari hasil tersebut diperoleh radioaktivitas I-125 rerata sebesar 6.532,38 mCi. Besarnya radioaktivitas yang diperoleh dari hasil pembuatan I-125 sebanyak 8 kali tersebut menunjukkan bahwa tabung penyimpanan gas xenon-124 volume 420 ml berfungsi dengan baik dan aman.

Dari tabel 1 ditunjukkan diperoleh radioaktivitas yang lebih tinggi dari pada perhitungan secara teoritis yaitu pada produk ke-1 dan ke-2 sebesar 8367 dan 9738 mCi. Dimana dari perhitungan secara teoritis diperoleh I-125 sebesar 7063 mCi. Hasil persentase perolehan I-125 dalam produk ke-1 dan ke-2 lebih besar dari 100% yaitu sebesar 118,4 % dan 137,8 %. Perolehan radioaktivitas lebih besar dari 100% diduga disebabkan karena besar

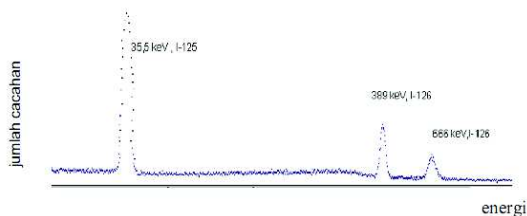
fluks neutron yang digunakan dalam perhitungan radioaktivitas lebih kecil dari harga sesungguhnya di kamar iradiasi. Diduga pula peluruhan xenon-125 *meta stabil* (Xe-125m) ikut berperan terhadap perolehan radioaktivitas I-125.

Selanjutnya mulai uji pembuatan ke-3 sampai dengan ke-8 menghasilkan I-125 sebesar 6825, 6013, 6432, 5908, 5437, dan 4985 mCi atau sebesar 96,63 %, 85,13 %, 91,067 %, 83,65 %, 76,79 %, dan 70,58 % bila dibanding dari perhitungan secara teoritis.

Dari uji pembuatan ke-1 sampai dengan ke-8 menunjukkan kecenderungan penurunan radioaktivitas I-125 yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena adanya jumlah penurunan gas xenon-124 selama proses pembuatan I-125. Penurunan gas xenon-124 disebabkan karena sebagian gas xenon-124 teraktivasi dengan neutron menghasilkan Xe-125 selanjutnya meluruh menjadi I-125. Penurunan gas xenon-124 disebabkan pula karena proses penarikan gas xenon-124 pasca iradiasi ke botol produk tidak berlangsung secara sempurna sehingga sebagian gas xenon-124 masih tertinggal di kamar iradiasi dan di jalur pipa-pipa *xenon loop*. Gas xenon-124 yang masing tertinggal di kamar iradiasi dan di jalur pipa-pipa *xenon loop* tersebut selanjutnya dapat keluar pada saat uji kevakuman atau pada saat *flashing* dilakukan.

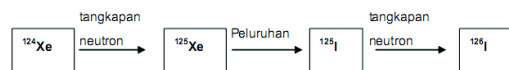
Hasil pengukuran radionuklida dengan spektrometer gamma disajikan pada gambar 2. Dari gambar 2 diperoleh

beberapa puncak pada energi 35,5 KeV, 389 KeV dan 666 KeV. Puncak energi 35,5 KeV adalah puncak energi I-125 sedang puncak energi 389 KeV dan 666 KeV merupakan puncak energi I-126 sebagai radionuklida pengotor. Dari puncak energi dan luas *area* dihitung konsentrasi pengotor I-126 dengan program komputer *Microsoft Visual Basic for Windows* yang dibuat Ibon Suparman[7]. Hasil perhitungan diperoleh konsentrasi I-126 dalam produk sebesar 0,047 % , 0,12 % , 0,58 % , 0,60%, 1,05 % , 1,37 % , 1,97 % , dan 2,84%.



Gambar 2. Hasil pengukuran produk Iodum-125 dengan spektrometer gamma

Ditemuinya radionuklida pengotor I-126 dalam produk disebabkan karena radionuklida I-126 terbentuk di dalam kamar iradiasi melalui peluruhan Xe-125 menjadi I-125. Radionuklida I-125 tersebut terpapar oleh neutron sehingga membentuk I-126. Pada saat dilakukan penarikan gas xenon pasca iradiasi, I-126 ikut berpindahkan dari kamar iradiasi dan lolos kedalam tabung produk. Reaksi pembentukan I-126 di kamar iradiasi ditunjukkan pada gambar 3. Seharusnya pada saat penarikan ke tabung produk, Iodum yang terbentuk dari kamar radiasi tertahan di filter Iodum. Karena daya serap filter Iodum sudah tidak maksimal lagi maka I-126 lolos ke tabung produk.



Gambar 3. Skema pembentukan pengotor I-126 dalam produk

Bila hasil pembuatan I-125 dari xenon-124 diperkaya 99,98 % dibanding dengan xenon-124 diperkaya 82,4 % diperoleh perbandingan sebagai berikut. Dari hasil pembuatan Iodum-125 yang telah dilakukan 8 kali dari Xenon-124 diperkaya 99,98 % dengan jumlah target sebesar 0,01625 mol memberikan rerata radioaktivitas sebesar 6.532 mCi. Dari hasil pembuatan Iodum-125 yang telah dilakukan 8 kali dengan xenon-124 diperkaya 82,4% dengan jumlah target 0,0223 mol memberikan rerata radioaktivitas sebesar 6.813 mCi [6]. Besarnya radioaktivitas yang diperoleh sebanding dengan jumlah mol gas Xe-124 .

## KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan I-125 yang dilakukan sebanyak 8 kali diperoleh radioaktivitas sebesar 8.367 mCi, 9.738 mCi, 6.825 mCi, 5908 mCi, 6013 mCi, 5437 mCi, 6432 mCi dan 4985 mCi. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa modifikasi tabung penyimpanan baru dengan volume sebesar 420 ml dapat menyimpan gas xenon-124 di dalam sistem *xenon loop* dengan baik dan aman.

## F. DAFTAR RUJUKAN

- SAITOH,N., *Hand Book of Radioisotope, Maruzen, Tokyo (1996).*

2. ANONYMOUS, 2011, Iodine-125, Available : <http://en.wikipedia.org/wiki/Iodine-125>, diakses 13-10-2011.
3. IAEA, Manual for reactor produce radioisotopes, TECDOC-1340, (2003)
4. WAYAN REDIATNING S., SUKIYATI Dj. " Immunoradiometric Assay (IRMA) Dalam Deteksi Dan Pemantauan Kanker" , Journal Radioisotop dan Radiofarmaka, Vol. 3, No. 1, Januari, (2000) 55-70.
5. ANONYMOUS," Laporan Analisis Keselamatan Produksi Iodium-125" PPTRR-BATAN, 2003.
6. AWALUDDIN R. , "Pembuatan Iodium-125 Menggunakan sasaran Xenon-124 diperkaya", Persentasi Ilmiah Peneliti Madya Bidang Radiokimia , September 2010.
7. SUPARMAN IBON, "Komputerisasi Sistem Pemrosesan Data dan Dokumentasi Produk Radioisotop I-125" , Kolokium Radioisotop dan Radiofarmaka Nop. 2009.

### **TANYA JAWAB**

**PARALEL** : E

**NAMA PEMAKALAH** : Daya Agung  
Sarwono

**NAMA PENANYA** : Iman Rahayu

**PERTANYAAN** :

Apakah radioisotope I-125 telah diproduksi telah digunakan sebagai radiofarmaka?

**JAWABAN** :

Sudah dimanfaatkan di RSHS Bandung.