

## PEMBUATAN RADIOISOTOP $^{82}\text{Br}$ DARI KALIUM BROMIDA MELALUI AKTIVASI NEUTRON

Sriyono, Rohadi Awaludin, Hotman Lubis, Abidin, Hambali  
Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN

### ABSTRAK

PEMBUATAN RADIOISOTOP  $^{82}\text{Br}$  DARI KALIUM BROMIDA MELALUI AKTIVASI NEUTRON. Radioisotop Brom-82 ( $^{82}\text{Br}$ ) telah banyak digunakan di bidang industri dan hidrologi sebagai radiotracer. Di dalam kegiatan ini telah dilakukan uji produksi  $^{82}\text{Br}$  melalui aktivasi neutron dengan menggunakan sasaran berupa Kalium Bromida (KBr). Iradiasi dilakukan di Rabbit System (RS) dan Central Irradiation Position (CIP) Reaktor G.A. Siwabessy. Iradiasi KBr dilakukan 3 kali, satu kali iradiasi di RS selama 2 jam dengan berat sasaran 2 gram dan dua kali iradiasi di CIP selama 96 jam dan 88 jam dengan berat sasaran 100 mg. Diperoleh  $^{82}\text{Br}$  dengan radioaktivitas sebesar 845,79 mCi, 4.329 mCi dan 2.824 mCi saat akhir iradiasi (EOI). Hasil pengukuran dengan menggunakan spektrometer gamma menunjukkan bahwa seluruh puncak  $^{82}\text{Br}$  pada energi 554,35 keV (70,64%), 619,11 keV (42,98%), 698,37 keV (28,16%), 776,52 keV (83,30%), 827,83 keV (13,91%), 1044,08 keV (27,32%), 1317,47 keV (26,82%), dan 1474,88 keV (16,58%) ditemukan dalam hasil pengukuran dan tidak ditemukan pengotor radionuklida. Perhitungan waktu paro dari kurva peluruhan radioaktivitas diperoleh waktu paro  $^{82}\text{Br}$  hasil iradiasi sebesar 35,37 jam.

Kata kunci : Radioisotop  $^{82}\text{Br}$ , teknologi produksi, Brom alam

### ABSTRACT

*PRODUCTION OF  $^{82}\text{Br}$  RADIOISOTOPE FROM POTASSIUM BROMIDE BY NEUTRON ACTIVATION. Radioisotope Brom-82 ( $^{82}\text{Br}$ ) has many application in industrial area and hidrology as radiotracer. In this activity radioisotope  $^{82}\text{Br}$  has been produced by the activation neutron using target in the form of Potassium Bromide (KBr). Irradiation is done in Rabbit System (RS) and Central Irradiation Position (CIP) of Reactor G.A. Siwabessy. Irradiation KBr is done three times, once we irradiated 2 gr KBr in RS for 2 hours, and twice irradiation of 100 mg KBr in CIP for 96 hours and 88 hours. Obtained  $^{82}\text{Br}$  radioactivity were 845.79 mCi, 4,329 mCi and 2,824 mCi at the end of irradiation (EOI). Results of measurement using gamma spectrometry indicate that all peaks of  $^{82}\text{Br}$  at energy 554,35 keV (70,64%), 619,11 keV (42,98%), 698,37 keV (28,16%), 776,52 keV (83,30%), 827,83 keV (13,91%), 1044,08 keV (27,32%), 1317,47 keV (26,82%), and 1474,88 keV (16,58%) were found in measurement result and radionuclide impurity was not found. The half life calculation from curve decay obtained half life of  $^{82}\text{Br}$  is 35,37 hours.*

*Keyword : Radioisotope  $^{82}\text{Br}$ , production technology, natural Brom*

### PENDAHULUAN

Radioisotop  $^{82}\text{Br}$  meluruh melalui peluruhan  $\beta^-$  dan memancarkan radiasi gamma ( $\gamma$ ) pada energi 776,52 keV (83,30%); 554,35 keV (70,64%); 619,11 keV (42,98%); 698,37 keV (28,16%); 1044,08 keV (27,32%); 1317,47 keV (26,82%); 827,83 keV (13,91%); 1474,88 keV (16,58%); 221,46 keV (2,27%); 1007,59 keV (1,31%); 273 keV (0,83%); 1650,37 keV (0,79%); 92,19 keV (0,75%); 1081,29 keV (0,62%) dan 952,02 keV (0,37%). Radioisotop  $^{82}\text{Br}$  mempunyai waktu paro 35,34 jam dan dapat diproduksi melalui reaksi aktivasi neutron dari sasaran  $^{81}\text{Br}$  dengan reaksi  $^{81}\text{Br} (n,\gamma) ^{82}\text{Br}$ . Brom alam mengandung  $^{81}\text{Br}$  dengan kelimpahan ( $\delta$ ) 49,31% danampang lintang ( $\sigma$ ) sebesar 2,69 barn.<sup>[1]</sup>

Radioisotop  $^{82}\text{Br}$  merupakan salah satu radioisotop yang sedang dikembangkan untuk digunakan di bidang industri dan hidrologi yaitu sebagai radiotracer, karena mudah larut dalam air, mempunyai energi gamma yang tinggi sehingga mudah dideteksi dan berumur paro pendek.<sup>[2]</sup>

Pada pembuatan radioisotop  $^{82}\text{Br}$  ini telah dilakukan penyiapan target KBr, iradiasi target di Rabbit System (RS) dan di Central Irradiation Position (CIP) yang dilanjutkan dengan proses pelarutan, pengukuran radionuklida, radiokimia serta penentuan waktu paro. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat dikuasai penyiapan sasaran hingga proses pembuatan sehingga  $^{82}\text{Br}$  dapat diproduksi bilamana ada permintaan.

## TATA KERJA

### Bahan dan Peralatan

Sasaran Kalium Bromida dari E. Merck Cat. No. 1.04907 dan pereaksi yang digunakan adalah pro analisis dari Aldrich dan E. Merck. Untuk penutupan ampul kuarsa digunakan las acetilene dan untuk penutupan inner capsule (dari bahan Aluminium Nuclear Grade 1050 ukuran  $\varnothing$  25,4 x 150 mm) digunakan las Argon TELWIN Type Super Tic 180 AC/DC, sedangkan untuk pengujian kebocoran digunakan Bubble Test.

Untuk pengukuran radioaktivitas  $^{82}\text{Br}$  digunakan ATOMLAB™ 100Plus Dose Calibrator. Pemeriksaan radionuklida menggunakan Spektrometer gamma (MCA) yang dilengkapi dengan Detector Canberra HPGe, Detector model GC 1520, Pre Amp Model 2002CSI, Bias voltage (+) 3000 V, Power Supply Model 1000 Canberra dan Amplifier Canberra Model 2026. Sedangkan untuk pengukuran radiokimia digunakan kromatografi lapisan tipis (TLC) dan alat cacah gamma (Gamma Counter) Model 600 B Gammatec II.

### Preparasi dan Iradiasi Target

#### Iradiasi Target di Rabbit System (RS)

Sebanyak 2.000 mg KBr dimasukkan kedalam ampul kuarsa dan ditutup dengan pengelasan dan diuji kebocorannya. Selanjutnya dibungkus dengan aluminium foil dan dimasukkan ke dalam kapsul

iradiasi yang terbuat dari aluminium nuclear grade yang diperuntukkan khusus iradiasi di Rabbit System, seperti yang ditunjukkan pada gambar : 1.a. Dengan melengkapi data-data pengujian kebocoran dan dimensi kemasan target dan juga isian formulir iradiasi maka target tersebut dikirim ke reaktor G.A. Siwabessy untuk diiradiasi di Rabbit System selama 2 jam pada daya 15 MW.

#### Iradiasi Target di Central Irradiation Position (CIP)

Sebanyak 100 mg KBr dimasukkan kedalam ampul kuarsa dan ditutup dengan pengelasan dan diuji kebocorannya. Selanjutnya ampul kuarsa tersebut dimasukkan ke dalam wadah aluminium nuclear grade (inner capsule) dan ditutup dengan cara pengelasan dan diuji kebocorannya dengan menggunakan bubble test pada tekanan minus 30 inHg. Setelah dinyatakan tidak bocor inner capsule dimasukkan ke dalam outer capsule yang bagian bawah ditutup dengan cara pengelasan sedangkan bagian atas ditutup dengan tutup berulir. Seperti yang tampak pada gambar : 1.b.

Dengan melengkapi data-data pengujian kebocoran dan dimensi kemasan target dan juga isian formulir iradiasi maka target tersebut dikirim ke reaktor G.A. Siwabessy untuk diiradiasi di Central Irradiation Position (CIP) selama 96 jam pada daya 15 MW.



(a)



(b)

Gambar 1 : Kemasan Target KBr yang akan diiradiasi di posisi Rabbit System dan Central Irradiation Position (CIP) Reaktor G.A. Siwabessy

### Pelarutan Sasaran dan Pengukuran Kemurnian Radionuklida

Target KBr pasca iradiasi diangkut dari reaktor ke fasilitas hotcells dengan menggunakan transfer cask, selanjutnya dilakukan pemotongan kapsul

outer dan inner. Ampul kuarsa berisi sasaran dikeluarkan dan sasaran yang ada di dalamnya dilarutkan dengan 10 ml H<sub>2</sub>O kemudian dimasukkan ke dalam botol vial. Larutan dicuplik sebanyak 0,5 ml lalu diukur radioaktivitasnya menggunakan

Capintec pada dial 5,2 (untuk radioisotop <sup>82</sup>Br). Untuk pengukuran radionuklida dilakukan dengan mencuplik sebanyak 5 µl dari hasil pengenceran larutan stok <sup>82</sup>Br sampai 400.000 kali pengenceran kemudian ditetaskan pada kertas Whatman Ø 3 cm, biarkan kering lalu masukkan ke dalam kantong plastik kecil dan dicacah dengan alat spektrometer gamma selama 300 detik.

**Pengukuran Kemurnian Radiokimia K<sup>82</sup>Br**

Kemurnian radiokimia ditentukan dengan teknik kromatografi lapisan tipis (TLC). Sebanyak 5 µl dari hasil pengenceran diatas ditotolkan pada titik 2 cm di bagian bawah TLC Silica gel 60F254 (ukuran : 1 x 20 cm dengan migrasi 15 cm) sebagai fase diam dan selanjutnya bagian ujung TLC bagian bawah dicelupkan kedalam larutan methanol 75% sebagai fase gerak, waktu migrasi sampai 15 cm adalah 60 menit. Selanjutnya TLC dikeringkan dan dicacah dengan menggunakan alat gamma counter : The Nucleus, Model : 600 B Gammatec II

**Penentuan Peluruhan Radioisotop <sup>82</sup>Br**

Sebanyak 200 µl larutan stok <sup>82</sup>Br diambil kemudian diencerkan menjadi 2 ml dan selanjutnya masing-masing sebanyak 1 ml dan 0,5 ml

dimasukkan ke dalam botol vial 2,5 ml kemudian dilakukan pengukuran radioaktivitasnya setiap pagi dan sore selama 3 hari. Penurunan radioaktivitas dan lama peluruhan digunakan untuk menghitung waktu peluruhan radioisotop <sup>82</sup>Br.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dari satu kali iradiasi di posisi rabbit system dan dua kali di CIP reaktor G.A. Siwabessy seperti ditunjukkan pada tabel 1. Dari tabel tersebut diketahui bahwa pada iradiasi I di posisi rabbit system selama 2 jam dihasilkan radioaktivitas <sup>82</sup>Br saat EOI sebesar 845,79 mCi dari sasaran KBr sebanyak 2000 mg. Sedangkan pada iradiasi II dan III di CIP selama 96 jam dan 88 jam dihasilkan radioaktivitas <sup>82</sup>Br saat EOI sebanyak 4.329 mCi dan 2.824 mCi dari sasaran KBr masing-masing sebanyak 100 mg. Kandungan <sup>81</sup>Br di dalam KBr alam sebesar 67,14% sisanya merupakan unsur Kalium. Jadi dalam 2.000 mg dan 100 mg KBr mengandung <sup>81</sup>Br sebanyak 1.342,88 mg dan 67,14 mg. Jika radioaktivitas dibagi dengan berat Brom, maka diperoleh radioaktivitas jenis <sup>82</sup>Br seperti dalam tabel 1.

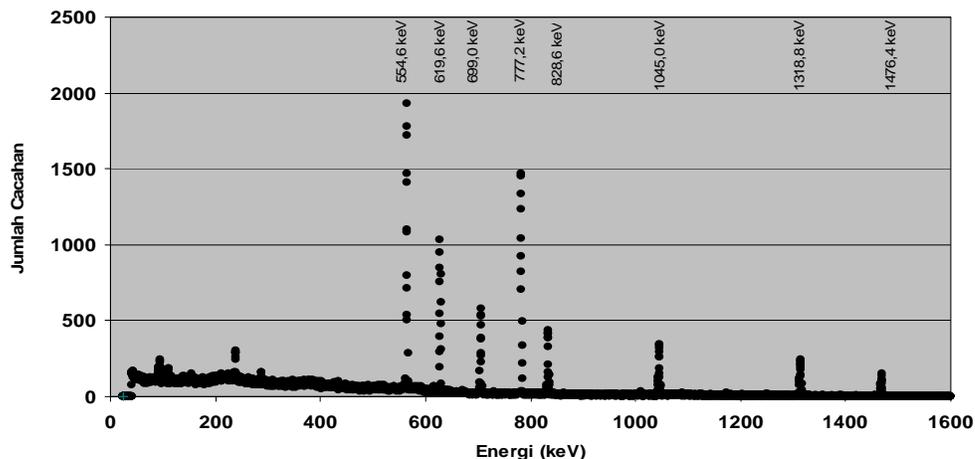
Tabel 1 : Radioaktivitas <sup>82</sup>Br pada saat EOI

Iradiasi	Posisi Iradiasi	Jumlah Sasaran (mg)	Waktu Iradiasi (jam)	Radioaktivitas saat EOI (mCi)	Radioaktivitas Jenis (mCi/mg Br)
I	RS	2.000	2	845,79	0,63
II	CIP	100	96	4.329	64,48
III	CIP	100	88	2.824	42.06

Dari iradiasi I, II dan III diperoleh radioaktivitas yang berbeda-beda, perbedaan ini pasti terjadi karena perbedaan fluks neutron yang berbeda yaitu  $8 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>/s di posisi Rabbit System dan  $1,7 \times 10^{14}$  n/m<sup>2</sup>/s di posisi CIP, juga jumlah target KBr dan lama iradiasi yang jauh berbeda. Sedangkan perbedaan antara hasil iradiasi II dan III dikarenakan mungkin pada saat pembongkaran target pasca iradiasi dan saat

pelarutan target yang tidak sempurna karena dilakukan di dalam hotcells.

Hasil pengukuran kemurnian radionuklida menggunakan spektrometer gamma ditunjukkan oleh gambar 2. Dari gambar tersebut ditemukan 8 (delapan) puncak radiasi gamma dari <sup>82</sup>Br pada energi 554,35 keV; 619,11 keV; 698,37 keV; 776,52 keV; 827,83 keV; 1044,08 keV; 1317,47 keV dan 1474,88 keV sedangkan radionuklida pengotor tidak terlihat atau tidak ditemukan di sini.

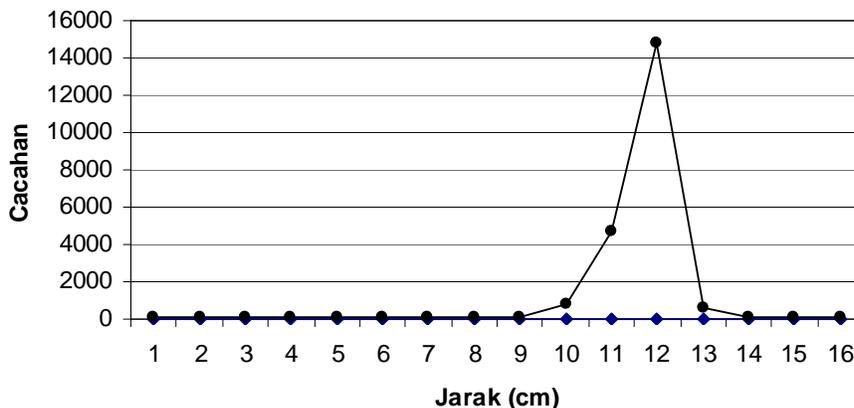


Gambar 2 : Pengukuran Spektrometer Gamma Hasil Iradiasi KBr

Seperti yang telah disebutkan di awal bahwa radioisotop  $^{82}\text{Br}$  memancarkan energi gamma 776,52 keV (83,30%); 554,35 keV (70,64%); 619,11 keV (42,98%); 698,37 keV (28,16%); 1044,08 keV (27,32%); 1317,47 keV (26,82%); 827,83 keV (13,91%); 1474,88 keV (16,58%); 221,46 keV (2,27%); 1007,59 keV (1,31%); 273 keV (0,83%); 1650,37 keV (0,79%); 92,19 keV (0,75%); 1081,29 keV (0,62%) dan 952,02 keV (0,37%). Dari hasil percobaan diperoleh 8 (delapan) puncak energi gamma yang sesuai, sedangkan energi gamma yang lain tidak ditemukan karena mempunyai intensitas

yang kecil. Namun dengan 8 (delapan) puncak energi yang bersesuaian sudah menunjukkan bahwa radioisotop  $^{82}\text{Br}$  berhasil dibuat dengan reaksi aktivasi dari sasaran KBr alam.

Penentuan kemurnian radiokimia terhadap produk akhir radioisotop  $^{82}\text{Br}$  adalah merupakan hal yang penting. Penentuan kemurnian radiokimia dilakukan dengan metode kromatografi lapisan tipis (TLC) silica gel 60F254 sebagai fase diam dan larutan methanol 75% sebagai fase gerak. Hasil dari cacahan dengan alat gamma counter tidak ditemukan adanya pengotor radiokimia, seperti pada gambar 3.



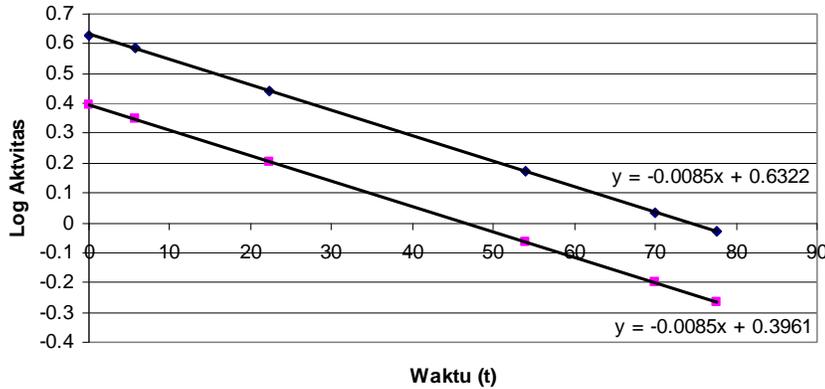
Gambar 3 : Grafik Kemurnian Radiokimia Bromida

Gambar 3. menunjukkan bahwa hasil kromatografi TLC hanya ada satu puncak keradioaktifan  $^{82}\text{Br}$ . Hal ini membuktikan bahwa  $^{82}\text{Br}$  berada dalam bentuk

senyawa bromida dan tidak terdapat bentuk senyawa kimia lain.

Untuk memastikan bahwa radioisotop yang terbentuk adalah <sup>82</sup>Br, maka dilakukan pengukuran peluruhan yang didasarkan pada radioisotop <sup>82</sup>Br

hasil iradiasi. Kurva hubungan antara radioaktivitas dengan waktu ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4 : Perubahan radioaktivitas sejalan dengan waktu

Dari perhitungan berdasarkan kurva pada gambar 4 menunjukkan bahwa radioisotop hasil iradiasi memiliki waktu paro 35,37 jam sedangkan waktu paro <sup>82</sup>Br menurut pustaka sebesar 35,34 jam. Jadi waktu paro hasil iradiasi sesuai dengan waktu paro <sup>82</sup>Br. Hasil ini memperkuat bahwa radioisotop hasil iradiasi merupakan <sup>82</sup>Br.

3. Dari analisis menggunakan kromatografi lapisan tipis (TLC) tidak ditemukan adanya pengotor radiokimia.
4. Perhitungan waktu paro dari kurva peluruhan menunjukkan waktu paro <sup>82</sup>Br hasil iradiasi sebesar 35,37 jam. Angka ini mendekati nilai literatur sebesar 35,34 jam.

**KESIMPULAN**

Dari kegiatan pembuatan radioisotop <sup>82</sup>Br dari sasaran Potasium Bromida alam melalui reaksi aktivasi neutron diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Iradiasi sasaran KBr alam sebanyak 2000 mg di posisi Rabbit System dan dua kali iradiasi sasaran masing-masing sebanyak 100 mg di CIP diperoleh <sup>82</sup>Br dengan radioaktivitas saat EOI sebesar 845,79 mCi , 4.329 mCi dan 2.824 mCi.
2. Spektrum sinar gamma yang dihasilkan dari pencacahan menggunakan spektrometer gamma tidak ditemukan adanya pengotor radionuklida.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Bidang Operasi Reaktor – PRSG – BATAN, Laporan Analisis Keselamatan Iradiasi KBr. No. Ident. : RSG.OR.08.02.41.08 Revisi : 0
2. PTNBR-BATAN, Radioisotop Untuk Bidang : Kesehatan, Pertanian, Hidrologi, Industri. [www.batan.go.id](http://www.batan.go.id). [www.infonuklir.com](http://www.infonuklir.com)
3. JAPAN RADIOISOTOPE ASSOCIATION, Note Book of Radioisotop, Maruzen (1990)
4. IAEA, Manual for Reactor Produced Radioisotopes, TECDOC-1340, 198-202 (2003)
5. [www.warintek.ristek.go.id/nuklir/radioisotop.pdf](http://www.warintek.ristek.go.id/nuklir/radioisotop.pdf)