

**PERCOBAAN ANALISIS AKTIVASI NEUTRON EPITHERMAL  
MENGUNAKAN BAHAN ACUAN STANDAR *BCR 063R SKIM MILK POWDER*  
DI FASILITAS RABBIT SISTEM REAKTOR GA. SIWABESSY**

Kawkab Mustofa, Asnul Sufmawan, Saleh Hartaman, Sunarko  
PRSG-BATAN

**ABSTRAK**

**PERCOBAAN ANALISIS AKTIVASI NEUTRON EPITHERMAL MENGGUNAKAN BAHAN ACUAN STANDAR *BCR 063R SKIM MILK POWDER* DI FASILITAS RABBIT SISTEM REAKTOR GA. SIWABESSY.** Telah dilakukan percobaan analisis aktivasi neutron epithermal dengan sampel susu BCR 063R menggunakan di sistem rabbit reaktor GA. Siwabessy (RSG-GAS). Percobaan dilakukan dengan variasi 3 buah filter yaitu flexi boron, cadmium dan boron karbida. Sampel diiradiasi dengan daya 1 MW, waktu 3 menit, waktu tunda 5 menit dan waktu cacahan 3 menit. Hasil percobaan menunjukkan bahwa dengan menggunakan flexi boron dapat mereduksi radioaktivitas hampir 100 x dibandingkan dengan tidak menggunakan filter dan puncak energi Iodine,  $^{128}\text{I}$  of 442,9 keV tampak lebih ramping. Tanpa filter flexi boron puncak energi  $^{128}\text{I}$  sulit terdeteksi. Disimpulkan bahwa analisis aktivasi neutron epithermal terhadap sampel *skim milk powder* secara kualitatif mampu mengidentifikasi unsur  $^{128}\text{I}$  yang terdapat dalam sampel milk tersebut apabila di dalam analisis digunakan senyawa flexi boron sebagai bahan penyerap neutron thermal.

**Kata kunci :** flexi boron, neutron epithermal, Iodine.

**ABSTRACT**

**EXPERIMENT OF EPITHERMAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF REFERENCE STANDARD MATERIAL OF SKIM MILK POWDER OF BCR 063R AT THE RABBIT SYSTEMS FACILITY OF GA. SIWABESSY REACTOR.** The experiment on epithermal neutron activation analysis have been conducted using reference standard material of skim milk powder of BCR 063R as a sample. It is conducted at the rabbit systems facility of GA. SIWABESSY reactor RSG-GAS). Three pieces of filter consisting of flexi boron, cadmium and boron carbide were selected as a neutron absorber. The samples were irradiated for 3 minutes with the power of 1 MW, delay time of 5 minutes and counting time of 3 minutes. Result of experiment shown that flexi boron to compound is able to alleviate radio activities to one tenth compare to that of unfiltered. Further it was shown that energy peak of 442,9 keV of Iodine  $^{128}\text{I}$  is sharper. Without flexi boron compound energy peak of Iodine cannot be seen clearly. Then it can be concluded that activation analysis of epithermal neutron toward skim milk powder sample qualitatively was able to identify  $^{128}\text{I}$  element contained within milk standard sample if a flexi boron compound is used as a neutron thermal absorber.

**Keywords :** flexi boron, neutron epithermal, Iodine

**PENDAHULUAN**

Saat ini Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy sedang mengembangkan fasilitas iradiasi epithermal neutron untuk analisis unsur dengan teknik aktivasi analisis neutron (AAN). Tahap awal pengembangan yang sedang dilakukan adalah *Epithermal Neutron Activation Analysis* (ENAA) dengan waktu iradiasi pendek.

ENAA yaitu suatu teknik AAN yang menggunakan iradiasi neutron epithermal dimana neutron epithermal tersebut dihasilkan dari neutron thermal yang di filter dengan cadmium atau boron. Beberapa matrik elemen seperti Cl, Al, K, Mn, Zn dan lain-lain dalam sampel biologi dapat diaktivasi/menangkap neutron thermal, sebab semua elemen memilikiampang lintang yang tinggi.

Sedangkan ENAA dapat mereduksi radioaktivitas dan mempertinggi presisi dan sensitivitas untuk mendeteksi beberapa elemen seperti Iodine (Yodium)<sup>1)</sup>

Yodium adalah salah satu unsur yang penting serta telah diakui sebagai nutrisi esensial dan perannya dalam sintesis hormon tiroid<sup>2)</sup>. Kekurangan yodium dapat menyebabkan penyakit gondok, dan asupan yang berlebihan juga dapat menyebabkan penyakit tiroid sehingga autoimun dalam individu rentan<sup>3)</sup>. Selama ini dengan menggunakan fasilitas RS RSG-GAS belum berhasil untuk mendeteksi unsur yodium.

Dari uraian di atas maka perlu diadakan percobaan iradiasi menggunakan Neutron Epithermal dengan tujuan untuk mengetahui unsur Iodine secara kualitatif dalam suatu matrik dengan kandungan

Iodine yang tinggi misalnya dalam bahan acuan standar BCR 063R *skim milk powder*. BCR 063 R dikeluarkan oleh *European Commission* yang memiliki unsur Natrium sebesar 4,37 mg/g dan Iodine 0,81  $\mu\text{g/g}$ . Dipertimbangkan sampel ini cocok digunakan dalam percobaan ini.

## TEORI

### Iodium (Yodium)

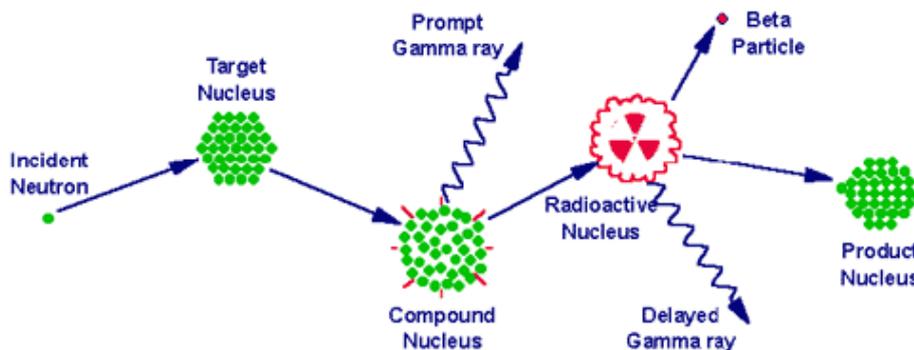
Iodium merupakan zat gizi esensial bagi tubuh, karena merupakan komponen dari hormon thyroxin. Terdapat dua ikatan organik yang menunjukkan bioaktivitas hormon ini, yaitu triiodotyronin (T3) dan tetraiodotyronin (T4) atau thyroxin. Iodium dikonsentrasikan di dalam kelenjar gondok (glandula thyroxin) untuk dipergunakan dalam sintesa hormon thyroxin. Hormon ini ditimbun dalam folikel kelenjar gondok, terkonjugasi dengan protein (globulin) yang disebut thyroglobulin yang merupakan bentuk yodium yang disimpan dalam tubuh, apabila diperlukan, thyroglobulin dipecah dan akan melepaskan hormon thyroxin yang dikeluarkan oleh folikel kelenjar ke dalam aliran darah. Kekurangan yodium memberikan kondisi hypothyroidism dan tubuh mencoba untuk mengkompensasikan dengan penambahan jaringan kelenjar gondok yang menyebabkan pembesaran kelenjar tiroid tersebut. Jumlah iodium dalam tubuh manusia relative sangat kecil dan kebutuhan untuk pertumbuhan normal hanya 100-150 mikrogram (0,1-0,15 mg) perhari. Kebutuhan ini dapat dipenuhi dari konsumsi 6 gram garam beriodium dengan kandungan minimal 40 ppm, sekitar 60 mikrogram

iodium yang dikonsumsi tersebut akan ditangkap oleh kelenjar tiroid untuk pembentukan hormon thyroxin.<sup>4)</sup>

### Aktivasi Analisis Neutron

Analisis Aktivasi Neutron (AAN) adalah salah satu teknik nuklir yang digunakan untuk mengkuantifikasi unsur-unsur kimia yang terkandung dalam suatu materi. Teknik ini didasarkan pada reaksi penangkapan neutron termal oleh inti atom yang terkandung dalam materi uji. Reaksi inti ini berlangsung di fasilitas iradiasi yang menyediakan sumber neutron. Hasil interaksi tersebut menghasilkan spesi atom baru yang kelebihan satu buah neutron dan dalam keadaan tidak stabil. Untuk mencapai ke keadaan stabil, spesi tidak stabil tersebut melepaskan partikel beta yang umumnya diikuti oleh emisi sinar gamma. Sinar gamma yang diemisikan adalah bersifat khas untuk setiap radionuklida, dan umumnya akan membentuk suatu spektrum yang disebut sebagai spektrum gamma. Dengan menggunakan detektor HPGe resolusi tinggi, spektrum yang terbentuk dapat dipilah dan radionuklida yang terkandung dalam materi dapat diidentifikasi dan selanjutnya dikuantifikasi.<sup>5)</sup>

Teknik ini mempunyai berbagai keunggulan, yaitu pengujian yang bersifat tidak merusak, sensitivitas pengukuran yang relatif tinggi sampai nanogram ( $10^{-12}$  g), selektivitas yang tinggi dengan kemampuan identifikasi unsur secara simultan. Dengan demikian evaluasi unsur-unsur yang terdapat dalam materi dapat ditentukan secara serempak dalam jumlah duplikan yang relatif sedikit (50 - 100 mg).<sup>5)</sup>



**Gambar 1:** Diagram ilustrasi dari proses penangkapan neutron oleh inti sasaran dengan dengan emisi sinar gamma<sup>6)</sup>

## METODOLOGI

### Alat-alat Percobaan

Alat yang digunakan adalah dalam percobaan ini adalah : Kadmium, Boron Karbida, Flexi Boron,

Rabbit sistem RS-3 RSG-GAS seperangkat spektrometer gamma dengan detektor HpGe dengan *software* Genie 200, neraca digital, Pinset, kapsul iradiasi dan *vial polyethylene*.

### Bahan-bahan penelitian

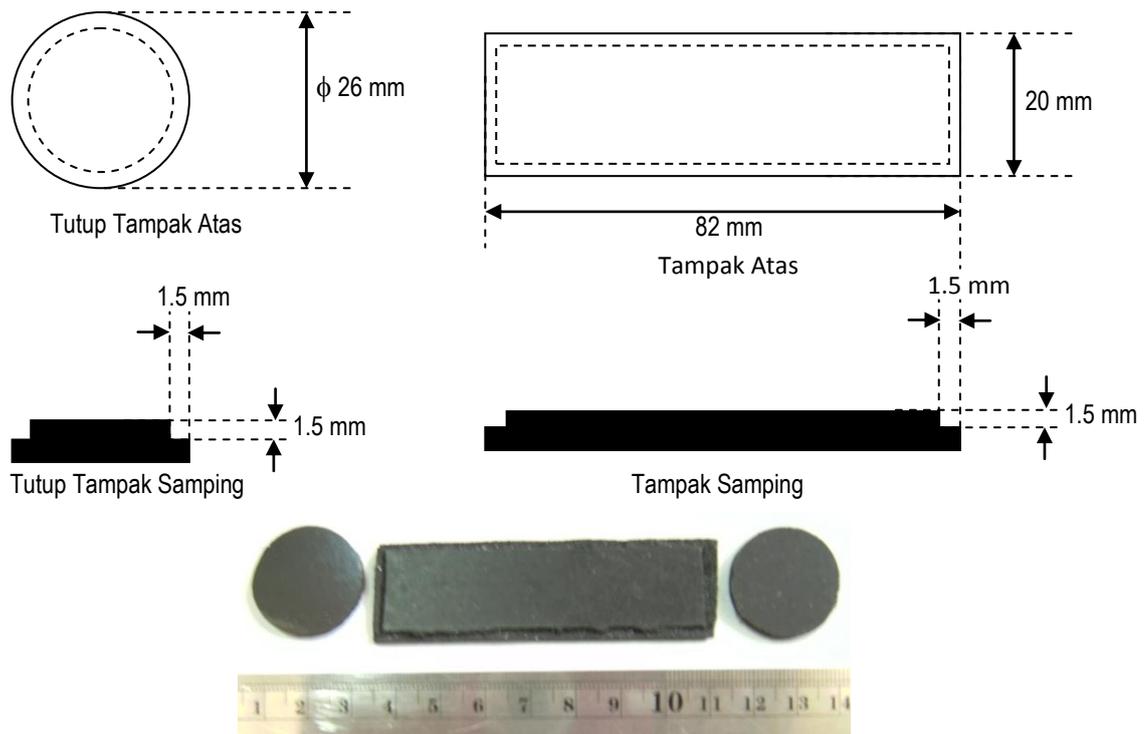
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :  
Sampel BCR 063R skim milk powder

**Tabel 1.** Certified reference material BCR – 063R skim milk powder

Unsur	Berat kering	
	Nilai sertifikat	ketidakpastian
Ca	13.49 mg/g	0.1 mg/g
Cl	9.94 mg/g	0.3 mg/g
K	17.68 mg/g	0.19 mg/g
Mg	1.263 mg/g	0.024 mg/g
N	62.3 mg/g	0.8 mg/g
Na	4.37 mg/g	0.031 mg/g
P	11.10 mg/g	0.13 mg/g
Cu	0.602 µg/g	0.019 µg/g
Fe	2.32 µg/g	0.23 µg/g
I	0.81 µg/g	0.05 µg/g
Pb	18.5 ng/g	2.7 ng/g
Zn	49.0 µg/g	0.6 µg/g

### Langkah Kerja

Untuk membuat filter neutron Fleksi boron SWX238/Boron karbida dengan tebal 3 mm di potong membentuk empat persegi panjang dengan ukuran 82 mm x 20 mm, buat tutup lingkaran atas dan bawah dengan ukuran  $\phi$  26 mm, kupas pinggiran sekeliling boron tersebut sedalam 1.5 mm setelah selesai masukkan tutup bawah terlebih dahulu ke dalam kapsul rabbit system kemudian fleksi boron empat persegi panjang di buat melingkar seperti tabung masukkan ke dalam kapsul rabbit. Perancangan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



**Gambar 2.** Perancangan filter flexi boron dan boron karbida

Hal yang sama juga diperlakukan untuk cadmium, hanya beda pembuatan tutupnya, membuat tutup cadmium dibuat seperti tutup botol. Kadmium potong membentuk empat persegi panjang dengan ukuran 63 mm x 20 mm, buat tutup atas dan bawah dengan ukuran 30 mm kemudian di tekuk hingga

seperti tutup botol. Gambar dapat dilihat dibawah ini.



**Gambar 3.** Filter Kadmium

Vial polyethylene yang akan digunakan untuk iradiasi sebelumnya di cuci dengan menggunakan air demi dan di rendam  $\text{HNO}_3$  selama 1 hari kemudian cuci kembali dengan air demi setelah itu dikeringkan Sampel BCR 063R dimasukkan dalam wadah vial yang telah di cuci dan timbang dengan berat sampel rata-rata 50 mg.

Sampel yang sudah selesai dimasukkan ke dalam kapsul radiasi RS yang telah di beri filter, sebagai bahan pembanding tiap kapsul terisi 3 sampel BCR 063R masukkan ke dalam sistem RS-3 RSG-GAS dengan daya 1 MW, proses radiasi dilakukan 3 menit dengan fluks neutron  $0,5 \times 10^{13}$  pada daya 15

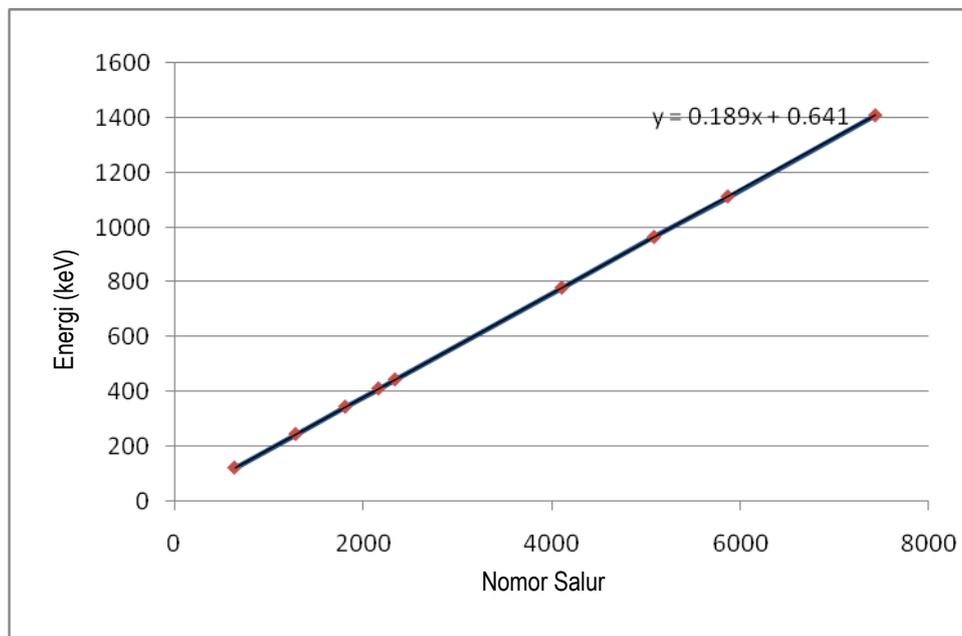
MW jadi kira-kira pada daya 1 MW adalah  $3,3 \times 10^{12}$ . Setelah iradiasi di dinginkan selama 5 menit ukur paparannya dan cacah menggunakan spectrometer gamma.

Pengoperasian sistem spektrometer gamma dimulai dengan memeriksa kondisi nitrogen cair dalam dewar untuk memastikan kondisi aman detektor. Kondisi aman ini terpenuhi apabila jumlah berat nitrogen cair dan dewar lebih dari 24 kg.

Setelah kondisi aman detektor terpenuhi maka dapat dilakukan pengoperasian sistem tegangan tinggi (HV), setelah itu letakkan sumber standar sesuaikan jarak muka detektor, sehingga diperoleh *dead lime* < 5%. Pada kondisi ini sistem spektrometer gamma dipastikan sudah siap operasi, sehingga sistem komputer dengan program Genic 2000 dapat diaktifkan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan kalibrasi energi digunakan standar Eu-152, kurva kalibrasi energi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.** Kurva kalibrasi energy detector HPGe dengan sumber standar Eu-152

Dari gambar di atas hubungan interpolasi dari 9 titik hasil pencacahan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4. tersebut memperlihatkan hubungan mendekati linier. Kurva kalibrasi energi tersebut memiliki persamaan  $y = 0,189 x + 0,641$  di mana  $x$  = nomor salur dan  $y$  = energi dalam satuan keV. Selanjutnya hasil kalibrasi energi ini disimpan dalam program pencacahan spektrometer gamma (Genie

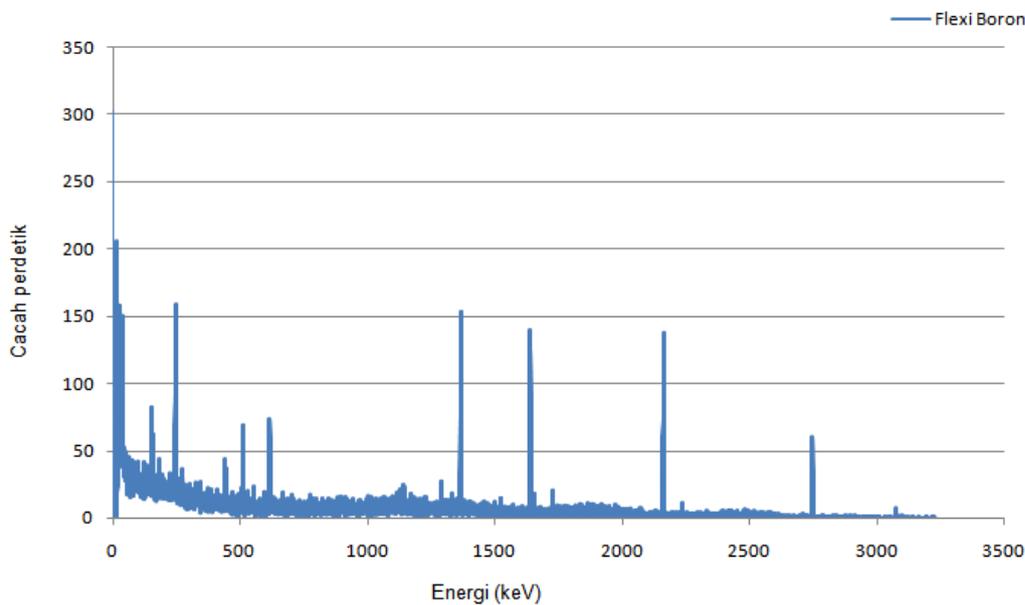
2000). Dengan maka spektrometer gamma sudah terkalibrasi energinya.

Nuklida yang telah mengalami proses iradiasi akan meluruh menjadi inti radionuklida lain disertai pancaran sinar  $\gamma$ . Sinar  $\gamma$  akan ditangkap oleh detektor HPGe. Sinar  $\gamma$  yang dihasilkan dari peluruhan unsur-unsur radionuklida memiliki sifat

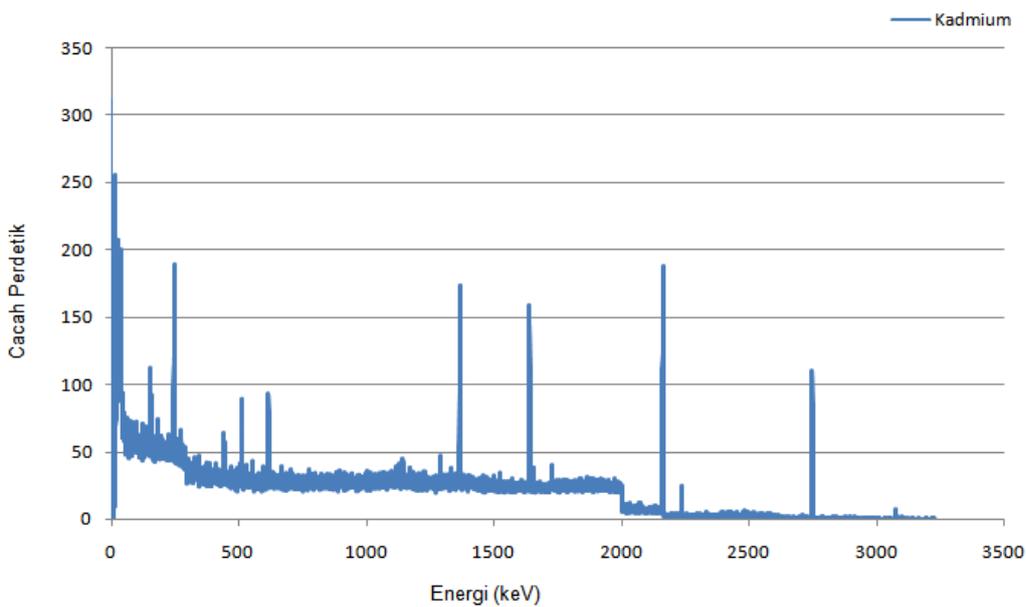
kelas dan dapat digunakan untuk mengenali unsur radionuklida yang akan dicacah. Energi sinar  $\gamma$  setiap radionuklida dipengaruhi oleh kelimpahan dan waktu paruhnya. Kelimpahan energi terbesar akan memberikan karakteristik yang baik karena puncak energinya akan terlihat jelas tanpa dipengaruhi oleh puncak radionuklida lain yang letaknya berdekatan. Waktu paruh dapat digunakan untuk menentukan perkiraan lamanya iradiasi, peluruhan dan pencacahan cuplikan yang tepat.

Radionuklida di dalam cuplikan yang telah teriradiasi umumnya memiliki lebih dari satu energi

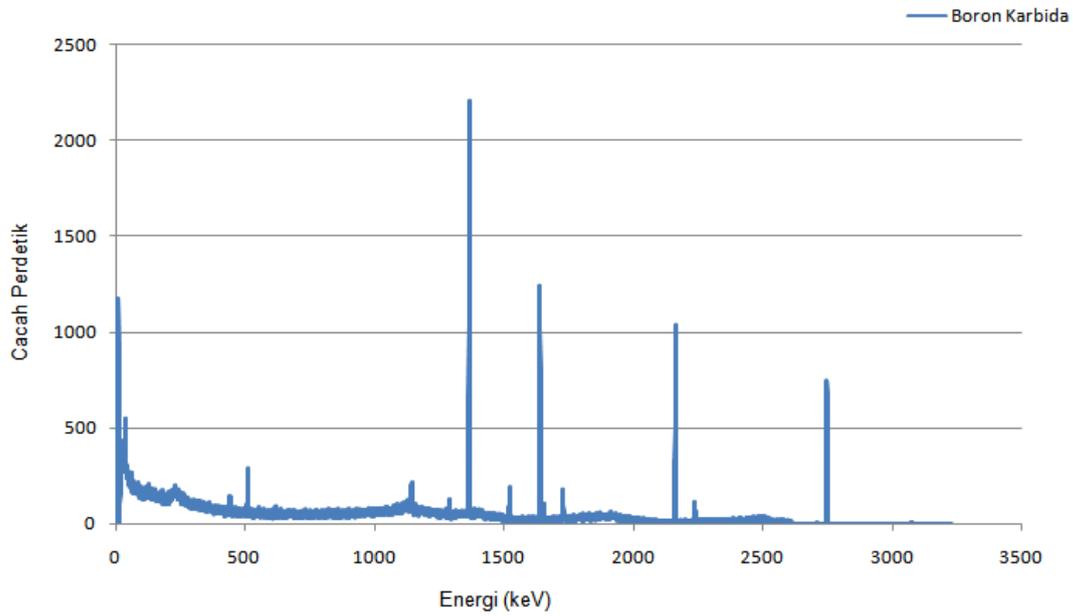
sinar  $\gamma$  dengan kelimpahan yang berbeda-beda pada waktu paruh yang sama. Contoh radionuklida  $^{128}\text{I}$  yang memiliki dua energi, yaitu 442,90 keV dan 526,56 keV dengan waktu paruh 24,99 menit. Kelimpahan  $^{128}\text{I}$  berada pada energi 442,90 keV, sebesar 16,90% dengan puncak energi sinar  $\gamma$  yang karakteristik terhadap unsur Iodine. Sedangkan energi 526,56 keV adalah energi puncak anihilasi sinar  $\gamma$  yang terpecah dari puncak utamanya akibat produksi berpasangan. Hasil cacahan BCR 06R dengan berbagai filter neutron dapat dilihat di bawah ini.



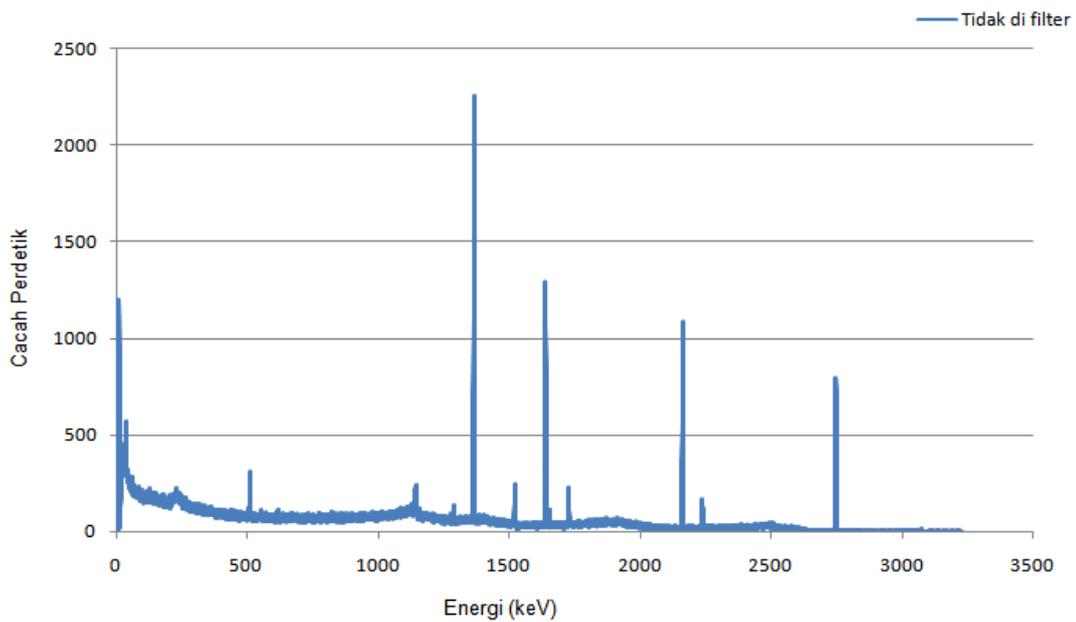
Gambar 5. Spektrum menggunakan filter fexi boron



Gambar 6. Spektrum menggunakan filter Kadmium



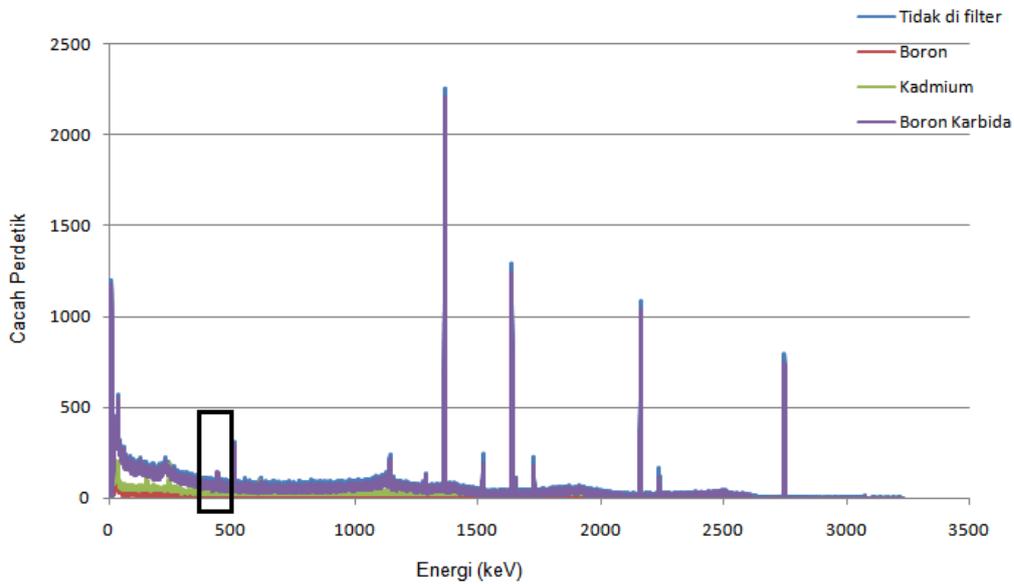
**Gambar 7.** Spektrum menggunakan filter Boron Karbida



**Gambar 8.** Spektrum menggunakan filter tidak di filter

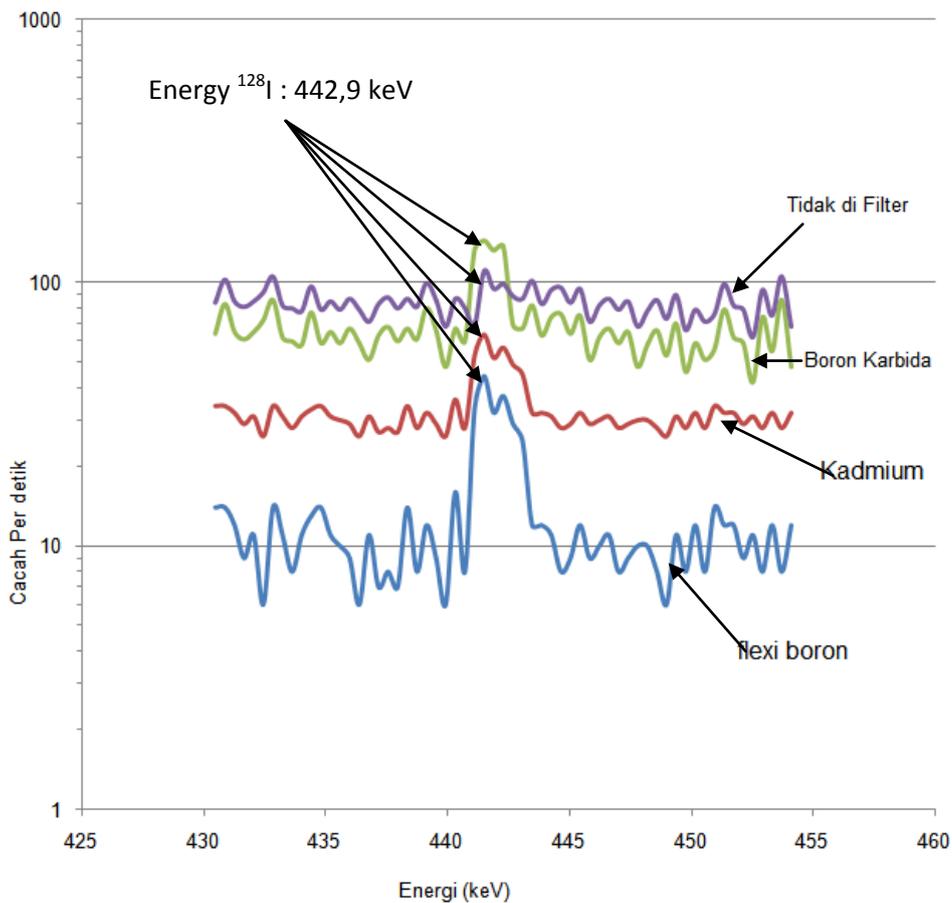
Dari keempat spektrum di atas apabila dilihat secara sekilas tidak tampak ada perbedaan, jika spektrum di

atas digabungkan maka akan di hasilkan Gambar seperti dibawah ini



**Gambar 9.** Spektrum dengan menggunakan empat buah filter

Jika kita fokuskan pada energi  $^{128}\text{I}$  (di dalam kotak hitam) di perbesar dan di buat dengan skala logaritmik akan terlihat seperti Gambar di bawah ini.



**Gambar 10.** Spektrum dengan 4 filter dengan skala logaritmik

Dari gambar di atas terlihat jelas perbedaannya bahwa dengan menggunakan fleksi boron dapat mereduksi radioaktivitas hampir 100x dibandingkan dengan tidak menggunakan filter dan puncak energi yang di cari pun yaitu  $^{128}\text{I}$  tampak lebih ramping, sedangkan jika tidak menggunakan filter spektrometer tidak dapat mendeteksi puncak energy  $^{128}\text{I}$ .

Paparan yang dihasilkan dari iradiasi menggunakan tiap filter adalah sebagai berikut.

No.	Nama Filter	Paparan mRem/jam
1.	Flexi Boron	200 – 300
2.	Boron Karbida	200 – 300
3.	Kadmium	300 - 400

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari percobaan yang dilakukan dan data di atas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan neutron epithermal di RS-3 Reaktor RSG-GAS telah berhasil. Filter terbaik menggunakan flexi boron dengan paparan terendah berkisar antara 200-300 mR/h, sedangkan dari hasil eksperimen memperlihatkan adanya spectrum energi 442,9 keV yang menurut acuan energy ini diemisikan oleh

unsur Yodium (I) hasil reaksi dengan neutron epithermal.

### Saran

Perlu dilakukan percobaan lanjutan untuk validasi dan penentuan unsur yodium secara kuantitatif. Serta pengembangan neutron epithermal untuk waktu medium dan panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

1. **XIAOLIN HOU, KE WANG, CHFANG CHAI**, “*Epithermal neutron activation analysis and its application in the miniature neutron source reactor*” Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol 210, No. 1 (1996).
2. **BOWEN HM** Trace elements in biochemistry academic press, London 1966
3. **BAUKIS MA, KOUTRAS A, SOUVATZOGLOU A, EVANGELOPOULOU A, VRONTAKIS M. MOULOPOULOS SD** (1983) J Clin Endocrin Metab 57:859].
4. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20838/3/Chapter%20II.pdf>
5. [http://nhc.batan.go.id/lab\\_aan\\_ptbin.php](http://nhc.batan.go.id/lab_aan_ptbin.php)
6. [http://archaeometry.missouri.edu/naa\\_overview.html](http://archaeometry.missouri.edu/naa_overview.html)
7. **IAEA-TECDOC-564** “*Practical Aspects Of Operating A Neutron Activation Analysis Laboratory*” VIENNA, 1990