

## ANALISIS PERHITUNGAN KETEBALAN PERISAI RADIASI PERANGKAT RIA IP10.

Benar Bukit, Kristiyanti, Hari Nurcahyadi  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN

### ABSTRAK

#### **ANALISIS PERHITUNGAN KETEBALAN PERISAI RADIASI PERANGKAT RIA IP10.**

Telah dilakukan analisis perhitungan ketebalan perisai radiasi pada perancangan perangkat pencacah Radioimmunoassay (RIA) IP10 menggunakan 5 buah detektor yang disusun secara berjajar. Perhitungan dimaksudkan agar paparan radiasi yang diterima masing-masing detektor tidak saling mempengaruhi. Perisai radiasi terbuat dari pelat timbal (Pb). Perhitungan tebal pelat timbal berdasarkan prinsip Daya Serap (DS) radiasi pelat Pb terhadap pancaran sinar  $\gamma$  pada energi tertentu, merupakan fungsi dari koefisien linier dan tebal dari bahan. Hasil perhitungan dengan asumsi sumber radioisotop yang digunakan Iodium-125 (I-125) dengan aktivitas 10  $\mu\text{Ci}$  dan DS yang diharapkan 95% didapatkan tebal Pb sama dengan 0,013 cm. Dengan mengingat sifat pelat Pb yang lunak dan ketersediaan ketebalan dipasaran terbatas, maka digunakan pelat Pb tebal 2 mm, sehingga pengukuran cacahan tidak saling mempengaruhi.

Kata kunci : RIA IP10, detektor, perisai

### ABSTRACT

CALCULATION ANALYSIS OF THE THICKNESS OF RADIATION SHIELD FOR THE RIA EQUIPMENT IP10. Calculation Analysis has been performed on the thickness of radiation shield for the design of the Radioimmunoassay (RIA) IP10 counters using five detectors arranged in parallel. The calculation is intended to ensure that the radiation on each detector does not influence each other. The radiation shield is made of lead. The calculation of lead thickness was based on the principle of the lead plates absorptive power toward the gamma ray of a certain energy, which is the function of linear absorption coefficient and the material thickness. Assuming the use of Iodium-125(I-125) source with an activity 10  $\mu\text{Ci}$ , and expecting an absorptive power of 95%, calculations showed that the required lead thickness is equal to 0,013 cm. Since lead is soft and its availability in the market is limited, lead plate of 2 mm thickness are used instead, so that counting result for the detectors do not influence each other.

Keyword : RIA IP10, detector, shield

### 1. PENDAHULUAN

Radioimmunoassay (RIA) merupakan salah satu diantara alat kedokteran nuklir yang sangat dibutuhkan. RIA berfungsi untuk menganalisis zat-zat yang ada dalam tubuh diantaranya urin, hormon dan lain-lain. Teknik pengukuran RIA berdasarkan pada reaksi imunologi dengan menggunakan radioisotop sebagai perunutnya.

RIA adalah teknik pengukuran menggunakan analisis secara in vitro

dengan menggunakan perunut yang didasarkan pada prinsip imunologi.

Perangkat RIA IP10 hasil rekayasa PRPN-BATAN diharapkan dapat digunakan terutama dibidang kedokteran nuklir.

Radio-immunoassay menentukan konsentrasi rendah dari hormon antigen berdasarkan kemampuannya membentuk ikatan dengan antibodi tertentu. Kompetisi antara molekul hormon tak bertanda dengan molekul bertanda (bersifat radioaktif) dalam

memperebutkan tempat kedudukan ikatan pada antibodi menyebabkan pengurangan sejumlah ikatan material bertanda pada larutan akhir. Dengan mempelajari hasil perhitungan sejumlah standar dari hormon tak bertanda, konsentrasi sesuatu zat (seperti insulin dan plasma darah pasien) dapat ditentukan. Hal ini disebabkan karena zat tersebut melakukan kompetisi yang mirip dengan molekul hormon bertanda pada antibodi. Penambahan sejumlah antigen tak bertanda mengakibatkan tempat ikatan pada antibodi menjadi jenuh. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya jumlah antigen tak bertanda yang membentuk ikatan. Antigen tak bertanda, antigen bertanda dan antibodi tersebut merupakan komponen sistem radio-immunoassay. Inkubasi komponen tersebut menyebabkan terjadinya keseimbangan reaksi. Kemudian dilakukan pemisahan antara antigen yang terikat dengan antigen yang bebas. Setelah itu dilakukan pencacahan terhadap kedua campuran sehingga terjadi kuantisasi dalam reaksi akhir.

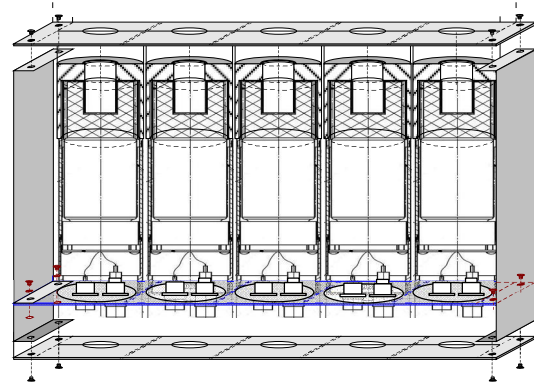
Detektor yang digunakan untuk pencacahan sampel/cuplikan adalah NaTI .

Pada perancangan perangkat RIA sebelumnya detektor yang digunakan 1 buah detektor NaTI dengan ukuran 2" x 2", dimana sampel dicacah satu persatu dengan waktu cacah 5 menit, sehingga waktu pencacahannya cukup lama. Oleh karena itu dibuat rancangan perangkat RIA IP10 dengan detektor 5 buah disusun sejajar diharapkan lebih cepat dalam pencacahan, karena sampel yang akan dicacah 5 buah sekaligus dalam waktu 5 menit.

Pada RIA IP10 pemeriksaan dilakukan dengan 5 buah detektor yang dirangkai dengan suatu sistem instrumentasi elektronik terdiri dari, HV, LV, Preamp, SCA dan Counter 16 Bit. Dengan menggunakan multi detektor ini diharapkan pemeriksaan bisa lebih cepat.

Sistem deteksi cuplikan dilakukan dengan cara 5 buah cuplikan diletakkan

sejajar, kemudian dicacah dengan detektor seperti pada gambar 1.



**Gambar 1.** Pencacahan 5 buah detektor dan 5 buah sampel/cuplikan

Untuk menghindari pengaruh pengukuran dalam pencacahan maka pada setiap deret dibuat sistem penahan radiasi yang terbuat dari pelat Pb. Perhitungan mengenai ketebalan Pb yang menggunakan prinsip Daya Serap (DS), disini diasumsikan pelat Pb mempunyai DS sebesar 95%, sehingga diharapkan paparan yang keluar tinggal 5%. Jika setiap cuplikan paparan yang keluar hanya 5% maka pengaruh paparan terhadap cuplikan berikutnya adalah 5% dari 5% yang keluar dari cuplikan yang lain.

Dalam penulisan ini akan dibahas perhitungan ketebalan pelat Pb sehingga setiap pengukuran cuplikan terhindar dari paparan cuplikan yang lainnya (disampingnya). Besarnya paparan yang keluar ini masih harus disesuaikan dengan karakteristik dari detektor dimana batas kemampuan melebihi batas yang dinyatakan dalam MDA (*Minimum Detection Activity*) yaitu suatu parameter yang dapat menunjukkan batas terendah dari aktivitas yang masih dapat diukur yang besarnya harus lebih lebih besar dari paparan yang masih tembus *shielding*.

## 2. TEORI

Pengukuran radiasi dilakukan untuk mengetahui kuantitas suatu sumber radiasi. Pada dasarnya yang diukur oleh

sistem adalah intensitas radiasi yang memasuki detektor.

Radiasi yang memasuki detektor dengan intensitas tertentu akan diproses didalam detektor serta peralatan penunjangnya, sehingga menghasilkan suatu nilai pengukuran. Nilai hasil pengukuran yang ditampilkan sistem pengukuran ini tidak dapat diproses langsung karena masih dipengaruhi oleh beberapa parameter yang harus diperhatikan sebelum diproses lebih lanjut. Nilai yang ditampilkan oleh sistem pengukur biasanya merupakan jumlah cacahan (C), yaitu jumlah pulsa listrik yang dihasilkan dalam selang waktu tertentu (T), sedangkan laju cacah (R) merupakan cacahan setiap satu satuan waktu, misalnya cpd atau cpm. Laju cacah dapat ditentukan dengan membagi jumlah cacah dengan selang waktunya :  $R = C/T$

Nilai cacahan yang ditampilkan oleh sistem pengukur radiasi ternyata tidak hanya berasal dari sumber (cuplikan) radiasi saja, melainkan juga dipengaruhi kondisi lingkungannya.

Jumlah cacahan latar belakang sangat tergantung dari kondisi disekitar lokasi pengukuran. Cacahan latar belakang ini tidak terlalu mengganggu apabila aktivitas sumber yang diukur cukup kuat, tetapi tidak demikian halnya apabila sumber yang akan diukur mempunyai aktivitas yang lemah, apalagi bila lokasi pengukurannya didaerah radiasi tinggi. Nilai cacahan latar belakang ini dapat diketahui dengan melakukan pencacahan tanpa meletakkan sumber radiasi pada detektor sehingga nilai yang ditunjukkan oleh pencacah hanyalah cacahan latar belakangnya saja. Sample untuk pemeriksaan pada RIA mengandung Radioaktif Iodium ( $I-125$ ) adalah pemancar  $\gamma$ .

Pelemahan radiasi  $\gamma$  secara kualitatif berbeda dengan radiasi  $\alpha$  maupun  $\beta$ . Radiasi  $\alpha$  dan  $\beta$  ini memiliki jangkauan yang pasti dalam materi dengan demikian dapat diserap semuanya, namun radiasi  $\gamma$  hanya dapat direduksi intensitasnya dengan menambah ketebalan penyerap ; radiasi

$\gamma$  tidak dapat diserap sepenuhnya. Jika pengukuran pelemahan sinar  $\gamma$  dilakukan pada kondisi geometri yang baik, yakni dengan suatu berkas radiasi sempit dan terkolimasi dengan baik, dan jika data tersebut diplot pada kertas " semi log", maka akan dihasilkan suatu garis lurus, jika sinar  $\gamma$  tersebut bersifat mono-energetik, tetapi jika sinar  $\gamma$  bersifat heterokromatik, maka akan dihasilkan suatu kurva, seperti yang Persamaan intensitas yang diserap adalah sebagai berikut :

$$\ln I = -\mu t + \ln I_0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu t$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu t}$$

$$I = I_0 e^{-\mu t} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- $I_0$  = intensitas paparan radiasi yang datang ( mR/jam)
- $I$  = intensitas paparan radiasi yang diteruskan ( mR/jam)
- $\mu$  = koefisien serapan linier pelat Pb
- $t$  = tebal pelat (cm atau mm)

Dari penjabaran persamaan (2), jika persentasi Daya Serap (DS) adalah selisih intensitas sinar  $\gamma$  pada ketebalan nol dan intensitas sinar  $\gamma$  yang dipancarkan melalui penyerap yang tebalnya t maka :

$$DS = \left( \frac{I_0 - I}{I_0} \right) \times 100 \%$$

$$DS = \left( \frac{I_0}{I_0} - \frac{I}{I_0} \right) \times 100 \%$$

$$DS = \left( 1 - \frac{I_0}{I_0} e^{-\mu t} \right) \times 100 \%$$

$$DS = \left( 1 - e^{-\mu t} \right) \times 100 \% \dots\dots( 3)$$

### Perhitungan Ketebalan Perisai

Perhitungan ketebalan perisai menggunakan persamaan (3), untuk sumber I-125, diasumsi Daya Serap pelat Pb sama dengan 95%,

- aktivitas = 10  $\mu$  Ci
- energi = 0,035 MeV
- koefisien atenuasi = 20,5 cm<sup>2</sup>/gr [2]
- masa jenis Pb = 11,34 gr/cm<sup>3</sup>

Maka koefisien serapan linier ( $\mu$ ) dapat dihitung.

$$\mu = 20,5 \text{ cm}^2/\text{gram} \times 11,34 \text{ gram}/\text{cm}^3 = 232,47/\text{cm}$$

$$DS = (1 - e^{-\mu t}) \times 100\%$$

$$0,95 = (1 - e^{-(232,47)t})$$

$$t = 0,013 \text{ cm}$$

sehingga prosentasi intensitas yang keluar 5%.

Dengan menggunakan tebal perisai 0,013 cm, maka untuk I = 10  $\mu$  Ci dan koefisien serapan ( $\mu$ ) = 232,47 cm<sup>-1</sup> dapat dihitung paparan radiasi yang ditentukan dengan menggunakan persamaan (2) yaitu ;

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu t}$$

$$= 10 \cdot e^{-(0,013)(232,47)}$$

$$= 0,4870 \mu\text{Ci}$$

$$I/I_0 = 0,4870/10 \times 100\%$$

$$= 4,87\%$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan ketebalan perisai Pb, jika diasumsikan Daya Serap dari perisai diharapkan 95%, maka radiasi yang lolos adalah sebesar 4,87 % atau 5%, maka dapat ditentukan koefesien serap liniernya adalah :

$$\mu = 20,5 \text{ cm}^2/\text{gram} \times 11,34 \text{ gram}/\text{cm}^3 = 232,47/\text{cm}$$

Untuk DS = 95%, maka tebal Pb yang dibutuhkan adalah :

$$DS = (1 - e^{-\mu t}) \times 100\%$$

$$95 = (1 - e^{-(232,47)t}) \times 100\%$$

$$t = 0,013 \text{ cm}$$

Sehingga prosentasi intensitas yang keluar 5%.

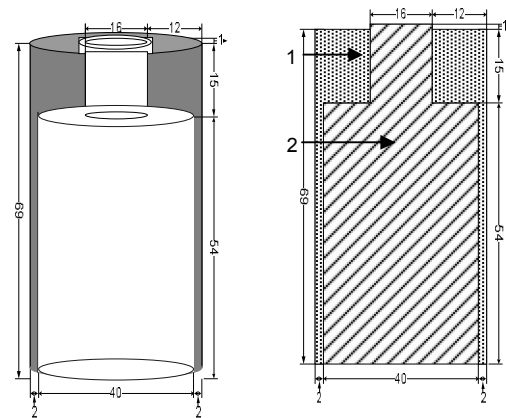
Sampel/cuplikan tersusun secara sejajar paparan yang keluar 5% tersebut akan menembus ke sampel/cuplikan

berikutnya sebesar 5% sehingga paparan yang masuk sebesar ;

$$0,05 \times 0,0132 \mu\text{Ci} = 0,00066 \mu\text{Ci}$$

Nilai 0,00066  $\mu$ Ci tersebut kecil sekali, sehingga tidak mempengaruhi pembacaan cacahan.

Dengan mengingat karakteristik pelat Pb yang lunak dan tebal yang ada dipasaran sudah tertentu, maka Pb perlu diberikan campuran bismut, sehingga Pb tidak lentur. Rancangan ketebalan pelat Pb untuk melindungi paparan dari sampel disampingnya seperti disajikan pada gambar 2.



Keterangan :

1. Pb
2. Detektor

**Gambar 2.** Ketebalan pelat Pb

### 4. KESIMPULAN

Tebal perisai perangkat RIA IP10, untuk sampel I-125 dengan aktivitas 10  $\mu$ Ci ditetapkan tebal minimal 0,013 cm, karena yang ada dipasaran tebal pelat Pb 2 mm maka dalam perancangan ini digunakan pelat Pb yang ketebalannya 2 mm. Agar pelat Pb tidak mudah lentur dalam pembuatannya pelat Pb dicampur dengan bismut.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hari Nurcahyadi, ST " Perekayasaan Pencacah RIA IP 10, " proseding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir, PRPN-BATAN 2010.
- [2]. R.G.JAEGER, "Engineering Compendium on Radiation Shielding ", Volume I, Shielding Fundamentals and Mwthods, New York, 1968.
- [3]. Herman Cembers, " Introduction to Health Physics", Pergamus Press Inc, 1983