

PENENTUAN JENIS DAN TEBAL BAHAN KATODA DETEKTOR GEIGER-MULLER TIPE JENDELA SAMPING BERDASARKAN FAKTOR KOREKSI PENCACAHAN

Sri Mulyono Atmojo* Irianto**
* PRPN-BATAN ** PTAPB-BATAN

ABSTRAK

Suatu kajian bahan tabung katoda detektor Geiger-Muller tipe jendela samping (side window) telah dilakukan dengan tujuan menentukan faktor koreksi pencacahan terhadap serapan radiasi gamma, sehingga dapat ditetapkan jenis dan tebal bahan katoda detektor tersebut. Metoda yang digunakan adalah menetapkan koefisien serapan linier bahan tabung katoda terhadap radiasi gamma (γ) yang berasal dari Co-60, Cs-137, dan Na-22, dan kemudian menghitung faktor koreksi pencacahannya. Bahan yang dipilih antara lain tembaga, kaca, aluminium, dan stainless-steel (SS), dengan ketebalan masing-masing antara 1 - 4 mm, kecuali aluminium dengan ketebalan antara 0,03 - 0,3mm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk berkas radiasi γ dari Co-60, bahan tembaga, kaca, dan SS, tebal 1 mm, masing-masing mempunyai faktor koreksi pencacahan sekitar 7,92, 4,93, 1,44, dan untuk berkas radiasi γ dari Cs-137 masing-masing bahan mempunyai faktor koreksi sekitar 7,33, 8,30, dan 14,82. Sedangkan untuk berkas radiasi dari Na-22, masing-masing bahan mempunyai faktor koreksi sekitar 1,53, 1,11, dan 1,32. Bahan aluminium dengan tebal 0,75mm mempunyai faktor koreksi untuk radiasi γ yang berasal dari Co-60, Cs-137, dan Na-22, masing-masing sebesar 1,07, 1,29, dan 1,20. Dari hasil perhitungan tebal optimal bahan katoda dari tembaga, aluminium, dan SS sebesar 0,5mm dan untuk bahan gelas sebesar 0,025 mm.

Kata kunci : katoda, detektor Geiger-Muller

ABSTRACT

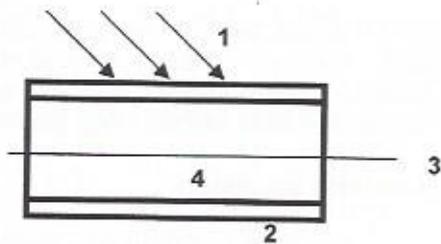
A material study for cathode tube of side window Geiger-Muller detector was carried out. Aim of the study is determine the counting correction factor to the absorption gamma radiation, so the type and thickness of materials tube can be settled. The method of this study is calculate the linear absorption coefficient of cathode tube materials to gamma radiation, in that transmitted by Co-60, Cs-137, and Na-22 isotopes, and then determine of the calculation correction factor. The materials choice are copper, glass, SS, aluminum, by 0,03-0,3mm thickness. Results of this experiment show that copper, glass, SS, materials by 1mm thick, have correction factor 7,92, 4,93, 1,44, respectively, in that Co-60 isotope is used in this experiment. The same material correction factors are 7,33, 8,30, 14,82, where Cs-137 isotope is as gamma source. If the Na-22 isotope is used as gamma source, so their correction factors are 1,53, 1,11, 1,32. For the aluminum 0,75mm thick, has correction factor 1,07, 1,29, 1,20, in that Co-60, Cs-137, Na-22 is used in this experiment. Conclusion of this experiment are: the optimum thickness of cathode material of copper, aluminum, SS, is 0,5mm, whereas the glass cathode has 0,025mm thick.

Key words : cathode, Geiger-Muller detector

PENDAHULUAN

Detektor Geiger-Muller yang berfungsi sebagai detektor radiasi nuklir, mempunyai dua tipe, yaitu detektor Geiger-Muller jendela samping dan jendela depan. Radiasi nuklir yang akan diukur masuk ke dalam detektor masing-

masing dari arah samping dan depan. Detektor ini termasuk detektor radiasi nuklir dengan isian gas. Secara umum, bentuk detektor ini terdiri dari tabung silinder yang kedua ujungnya tertutup, seperti tertera pada Gambar 1. [1]



Gambar 1. Bagan dari detektor Geiger-Muller tipe jendela samping.

1. arah datang radiasi nuklir.
2. tabung detektor atau katoda
3. anoda
4. ruang berisi gas

Tabung ini diisi gas, dan berfungsi se-bagai katoda, sedangkan di tengahnya terdapat kawat wolfram atau tungsten sebagai anoda. Jika zarah radiasi nuklir datang menembus dinding tabung, ma-ka radiasi ini akan mengionkan gas isi-an. Pasangan elektron ion yang terjadi, masing-masing akan bergerak ke ano-da, dan katoda. Pulsa yang diperoleh dari pembentukan muatan ini, identik dengan jumlah zarah radiasi nuklir yang ke dalam detektor. Oleh karena itu, pembentukan pasangan elektron ion akan tergantung pada banyaknya zarah radiasi nuklir yang masuk ke dalam ta-bung detektor. Sedangkan jumlah zarah radiasi nuklir yang masuk ke dalam tabung akan bergantung pada koefisien serapan linier (μ) bahan dan energi radiasi nuklir yang datang pada tabung tersebut, serta tebal bahan katoda. [2]

Oleh karena itu, penentuan koefisien se-rapan linier bahan tabung diperlukan untuk menghitung secara teoritis pro-sentase zarah radiasi nuklir yang bisa lolos masuk ke dalam tabung detektor. Namun pada penelitian ini, dilakukan pencacahan zarah radiasi langsung dengan bahan yang kemungkinan dapat digunakan sebagai dinding (katoda) tabung detektor. Bahan yang mungkin dapat digunakan adalah: tembaga, kaca, aluminium, dan stainless steel. Diharapkan dengan memperoleh nilai faktor koreksi tersebut,

penentuan jenis dan ketebalan bahan pada pembuatan detektor Geiger-Muller akan lebih tepat, sehingga intensitas zarah radiasi dapat diukur dan dihitung dengan benar.

TEORI

Pada tabung detektor Geiger-Muller, proses serapan diri bahan terhadap zarah radiasi nuklir terjadi pada dinding tabung detektor (katoda detektor). Hal ini akan menyebabkan pengurangan jumlah zarah radiasi nuklir yang masuk ke dalam tabung detektor Geiger-Muller. Oleh karena itu perlu menghitung faktor koreksi serapan diri bahan dinding tersebut, sehingga pencacahan yang benar dapat diperoleh. Proses serapan diri dinding tabung. tidak lain adalah proses interaksi radiasi dengan materi bahan dinding tabung tersebut. Jika suatu zarah radiasi nuklir datang pada permukaan bahan dan masuk menembus dinding, maka akan terjadi benturan antara zarah radiasi nuklir dengan elektron atom/unsur bahan pembentuk dinding tabung. Pada peristiwa ini, sebagian atau seluruh energi zarah radiasi dapat diserap oleh elektron atom/unsur bahan tabung detektor. Proses eksitasi atom atau molekul, efek fotolistrik, efek Compton, atau produksi pasangan dapat terjadi pada peristiwa ini, tergantung energi zarah radiasi, Z bahan dinding, dan tergantung jenis zarah radiasi nuklir yang diukur. Akibat adanya penyerapan energi zarah radiasi nuklir oleh atom/unsur bahan dinding, maka tidak semua zarah radiasi nuklir dapat menembus dinding tabung detektor. Jumlah zarah radiasi nuklir yang masuk ke dalam detektor akan bergantung pada tebal bahan, koefisien serapan linier bahan. [2] Untuk zarah nuklir (dalam hal ini radiasi gamma), hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan 1. [3]

$$I = I_0 \times e^{-\mu x} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

- I = intensitas/jumlah zarah radiasi gamma setelah melewati dinding detektor
- I_0 = intensitas/jumlah zarah radiasi gamma sebelum melewati dinding detektor
- μ = koefisien serapan linier bahan tabung, cm^{-1}
- x = tebal bahan tabung detektor, cm

Jumlah zarah radiasi gamma yang terserap = $I_0 - I$

Prosentase zarah radiasi yang terserap [4]

$$= \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

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

Faktor koreksi $f_k = I_0 / I \dots\dots\dots(3)$

Aktivitas sesungguhnya =
n rerata per satuan waktu x f_k

TATAKERJA

Bahan

Bahan yang digunakan untuk katoda antara lain stainless-steel, tembaga, alu-minium, dan gelas/kaca, yang kesemu-anya berbentuk lembaran atau pelat. Dalam penelitian ini, gelas/kaca yang dilapisi tembaga dapat diwakili bahan gelas/kaca saja karena pelapisan tem-baga hanya sekitar 0,001 mm, sehing-ga lapisan tembaga ini dianggap tidak mempengaruhi pencacahan. [5] Seba-gai zarah radiasi nuklir digunakan ra-diasi gamma yang berasal dari Cs-137, Co-60, dan Na-22, dengan energi ma-sing-masing 0,662 MeV, 1,17 dan 1,33 MeV, dan 1,28 MeV.

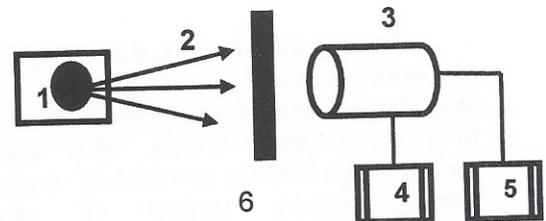
Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain unit pencacah radiasi gamma, yang terdiri dari unit tegangan tinggi diguna-kan untuk memberikan catu daya pada detektor, container digunakan untuk wadah atau pelindung sumber radiasi

agar radiasi gamma yang dipancarkan dari sumber dapat mengarah ke detektor, dan perancah mekanik tempat menaruh bahan katoda yang diteliti.

Tataletak peralatan

Tataletak peralatan pengujian seperti pada Gambar 2. Detektor yang diguna-kan pada penelitian ini adalah detektor Geiger-Muller jenis jendela depan (*end window*) Philips ZP 1430, yang diope-rasikan pada tegangan sekitar 550 volt..



Gambar 2. Tataletak peralatan untuk Pengujian

1. Sumber radiasi gamma
2. Zarah radiasi gamma
3. Detektor
4. Catu tegangan tinggi
5. Counter timer
6. Bahan tabung (katoda)

Pelaksanaan

Pelaksanaan eksperimen adalah menentukan prosentase penyerapan bahan tersebut diatas terhadap radiasi gamma dengan cara: menempatkan pelat bahan tabung (katoda) detektor dengan ketebalan tertentu dan melakukan pencacahan radiasi. Tataletak peralatan seperti pada Gambar 2. Selanjutnya pelat atau foil bahan katoda diambil dan dilakukan pencacahan berkas radiasi yang masuk ke detektor. Langkah berikutnya adalah melakukan pencacahan radiasi latar (*back-ground*), dimana radiasi ini berasal dari lingkungan yang ikut masuk ke dalam detektor. Dari data yang diperoleh dapat dihitung daya serapnya. Demikian kegiatan ini dilakukan untuk berbagai ketebalan dan

jenis bahan yang berbeda. Dengan menggunakan data tersebut, faktor koreksi pencacahan dapat ditetapkan, sehingga nilai aktivitas sumber radiasi dapat dihitung dengan benar.

Sumber radiasi harus terkolimasi agar berkas radiasi sebanyak mungkin masuk ke dalam detektor. Satuan waktu pencacahan adalah menit. Jarak sumber radiasi gamma ke detektor untuk Co-60, Cs-137, Na-22, dan Am-241, masing-masing 2, 10, 2, dan 5 cm. Perbedaan jarak sumber ini diambil untuk memperoleh nilai pencacahan yang cukup.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pencacahan yang diperoleh dengan menggunakan berbagai jenis bahan diperoleh nilai seperti tertera pada Tabel 1 s/d 12. Dari nilai pencacahan yang diperoleh nilai deviasi dibawah 10%. Sedangkan hasil perhitungan daya serap bahan tembaga yang diperoleh menunjukkan adanya kecenderungan terjadi kenaikan nilai daya serap seiring dengan kenaikan ketebalan bahan. Hal ini berarti bahwa semakin tebal bahan, maka faktor koreksi pencacahan akan semakin besar. Oleh karena itu tebal bahan yang akan digunakan sebagai katoda atau tabung detektor Geiger-Muller harus setipis mungkin. Tetapi dari sisi konstruksi mekanik, semakin tipis dinding tabung, akan semakin sulit pembuatannya. Untuk bahan tembaga

Tabel 1. Faktor koreksi tembaga untuk berbagai ketebalan terhadap Co-60

Tebal bahan cm	Cacah per menit	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	1133 ± 34	-	-
0,1	143 ± 2	87,39	7,92
0,2	127 ± 3	88,79	8,42
0,3	122 ± 1	89,33	9,23
0,4	111 ± 8	90,20	10,21
BG	37 ± 1	-	-

0 : cacah tanpa shielding

BG : cacah latar (back-ground)

Tabel 2. Faktor koreksi kaca/gelas untuk berbagai ketebalan terhadap Co-60

Tebal bahan cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	1133 ± 34	-	-
0,1	230 ± 7	79,70	4,93
0,2	220 ± 6	80,58	5,15
0,3	219 ± 1	80,67	5,17
0,4	214 ± 1	81,11	5,29
BG	37 ± 1	-	-

yang dicoba, tidak terjadi proses hamburan, namun untuk bahan aluminium terjadi hamburan pada ketebalan 0,03cm. Ketipisan bahan tembaga yang memungkinkan digunakan sebagai dinding katoda detektor GM hanya sekitar 0,05 cm. Faktor koreksi pencacahan sumber radiasi gamma dari Co-60 yang dihitung untuk bahan katoda dari tembaga, aluminium, SS, dengan tebal 0,05 cm, masing-masing sebesar 4,11, 1,05, 1,20. Dan bahan dari gelas, faktor koreksinya sekitar 4,75, untuk tebal gelas 0,025 mm. Khusus untuk bahan dari aluminium, ternyata terjadi hamburan pada ketebalan 0,3 mm. Oleh karena itu, tebal katoda detektor dari bahan aluminium tidak boleh sebesar 0,3mm. Tebal optimum untuk katoda dari bahan aluminium adalah 0,5mm. Tebal optimum ditetapkan mengingat bahwa untuk ketebalan sebesar ini tidak terjadi hamburan yang mungkin akan mengganggu pencacahan.

Sedangkan untuk sumber radiasi gamma dari Cs-137 diperoleh faktor koreksi pencacahan untuk bahan katoda tembaga, gelas, dan SS untuk tebal 1mm, masing-masing sebesar 7,33, 8,30, 14,82, dan untuk aluminium tebal 0,3mm sebesar 1,11. Berdasar data tersebut, dapat dihitung tebal optimum bahan katoda terbuat dari tembaga, aluminium dan SS adalah 0,5mm dengan masing-masing faktor koreksi pencacahan sekitar 2,71, 1,07, 3,85. Untuk bahan katoda dari gelas tebal optimum 0,025 mm dengan faktor koreksi pencacahan sekitar 1,07. Faktor koreksi pencacahan detektor Geiger-

Muller dengan bahan katoda dari tembaga, gelas, SS, dengan tebal 1 mm dan aluminium foil dengan tebal 0,3mm, masing-masing sebesar 1,53, 1,11, 1,32, dan 1,17. Tebal optimum bahan katoda untuk bahan tembaga, aluminium, dan SS adalah 0,5mm dengan masing-masing faktor koreksi pencacahan sebesar 1,24, 1,3 dan 1,01. Sedangkan bahan katoda dari gelas mempunyai tebal optimum 0,025 mm dengan faktor koreksi pencacahan sebesar 1,02.

Secara umum, tebal optimum bahan tabung katoda detektor untuk sumber radiasi gamma sebesar 0,5 mm, sedangkan untuk bahan tabung detektor dari gelas tebal optimum sebesar 0,025 mm.

Tabel 3. Faktor koreksi aluminium untuk berbagai ketebalan terhadap Co-60

Tebal bahan, cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	1133 ± 34	-	-
0,03	1144 ± 13	*	*
0,075	1058 ± 41	6,62	1,07
0,15	1016 ± 53	10,33	1,12
0,225	984 ± 13	13,16	1,32
0,30	858 ± 70	24,27	1,15
BG	37 ± 1	-	-

*terjadi hamburan

Tabel 4. Faktor koreksi SS untuk berbagai ketebalan thdp Co-60

Tebal bahan cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	1133 ± 34	-	-
0,1	786 ± 4	30,63	1,44
0,2	774 ± 8	31,68	1,46
0,3	768 ± 6	32,22	1,48
0,4	745 ± 23	34,25	1,52
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 5. Faktor koreksi tembaga dengan berbagai ketebalan terhadap Cs-137

Tebal bahan cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	5039 ± 83	-	-
0,1	687 ± 8	86,37	7,33

0,2	388 ± 5	92,30	12,99
0,3	374 ± 9	92,58	13,47
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 6. Faktor koreksi untuk gelas/kaca dengan berbagai ketebalan terhadap Cs-137

Tebal bahan cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	5039 ± 83	-	-
0,1	607 ± 15	87,95	8,30
0,2	529 ± 6	89,50	9,53
0,3	468 ± 3	90,71	10,77
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 7. Faktor koreksi untuk aluminium dengan berbagai ketebalan terhadap Cs-137

Tebal bahan cm	Cacah per menit	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	5039 ± 83	-	-
0,03	4557 ± 169	9,57	1,11
0,075	3912 ± 152	22,34	1,29
0,15	2882 ± 37	42,84	1,75
0,225	2127 ± 7	57,79	2,37
0,3	1536 ± 21	69,52	3,28
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 8. Faktor koreksi untuk SS dengan berbagai ketebalan thdp Cs-137

Tebal bahan cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	5039 ± 83	-	-
0,1	340 ± 5	93,25	14,82
0,2	331 ± 8	93,33	15,22
0,3	305 ± 5	93,95	16,52
0,4	289 ± 8	94,26	17,44
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 9. Faktor koreksi untuk tembaga dengan berbagai ketebalan thdp Na-22

Tebal bahan cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	841 ± 7	-	-
0,1	551 ± 12	34,48	1,53

0,2	525 ± 1	37,57	1,60
0,3	500 ± 9	40,55	1,68
0,4	469 ± 12	44,23	1,79
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 10. Faktor koreksi gelas/ kaca dengan berbagai ketebalan thdp Na-22

Tebal bahan cm	Cacah per menit,	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	841 ± 7	-	-
0,1	759 ± 16	9,75	1,11
0,2	681 ± 26	19,02	1,24
0,3	629 ± 8	25,21	1,34
0,4	625 ± 16	25,68	1,35
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 11. Faktor koreksi untuk dengan aluminium berbagai ketebalan terhadap Na-22

Tebal bahan cm	Cacah per menit	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	841 ± 7	-	-
0,03	720 ± 16	14,39	1,17
0,075	704 ± 10	16,29	1,20
0,15	666 ± 9	20,31	1,26
0,225	631 ± 7	24,97	1,33
0,30	623 ± 21	25,92	1,35
BG	37 ± 1	-	-

Tabel 12. Faktor koreksi untuk SS dengan berbagai ketebalan thdp Na-22

Tebal bahan cm	Cacah per menit	Daya serap, %	Faktor koreksi
0	841 ± 7	-	-
0,1	639 ± 16	24,02	1,32
0,2	604 ± 24	28,18	1,39
0,3	510 ± 8	39,36	1,65
0,4	500 ± 4	40,55	1,68
BG	37 ± 1	-	-

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa tebal optimal untuk dinding tabung detektor GM jenis jendela samping (*side window*) yang optimal dari bahan SS, tembaga, dan aluminium, masing-masing adalah sekitar 0,05 mm, sedangkan yang

terbuat dari bahan gelas, tebal optimumnya 0,025 mm. Jika ditinjau nilai faktor koreksinya, jenis bahan yang cocok untuk bahan detektor adalah gelas, karena mempunyai faktor koreksi yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. R. M. SINGRU, *Introduction to Experimental Nuclear Physics*, Wiley Eastern Private Limited, New Delhi, 1972
- [2]. R. G. JAEGER dkk, *Engineering Compendium on Radiation Shielding, Volume I, Shielding Fundamentals and Methods*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1970
- [3]. S. RUMYANSEV, *Industrial Radiology*, MIR Pblisher, Second Printing, Moscow, 1967
- [4]. SRI MULYONO ATMOJO, *Rekayasa Celemek Perisai Radiasi Nuklir Berbasis Komposit Karet Alam Timbal Oksida*, Presentasi Ilmiah Peneliti Utama, 30 April 2008, Jakarta, 2008
- [5]. SRI MULYONO ATMOJO, *Pelapisan Gelas dengan Logam untuk Katoda Detektor Nuklir*, Prosiding Seminar Nasional Keramik II, Balai Besar Keramik, Bandung September 2003.