

PENGUKURAN EFESIENSI TABUNG GEIGER MULLER COUNTER CACAHAN β DAN β/γ

Jorena Bangun dan Hadir Kaban
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

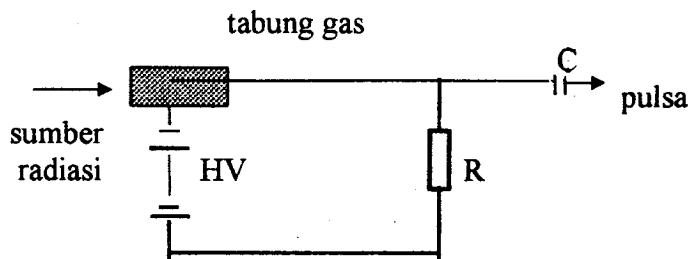
Telah dilakukan penelitian pengukuran efisiensi tabung Geiger Muller di Laboratorium Fisika Experiment Jurusan Fisika Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Untuk cacahan β digunakan unsur Sr dan untuk cacahan β/γ digunakan unsur Ra. Efisiensi maksimum tabung Geiger Muller untuk cacahan β diperoleh 90,3 % pada jarak sumber ke bukaan tabung GM $d = 35$ cm, dan efisiensi relatif tabung Geiger Muller cacahan β/γ diperoleh 51,97 %

PENDAHULUAN

Detektor Geiger Muller adalah salah satu jenis detektor yang digunakan untuk mengukur cacahan radiasi nuklir. Alat ini digunakan di Laboratorium Experiment Fisika untuk berbagai percobaan antara lain : percobaan detektor Geiger Muller, Absorpsi radiasi nuklir dalam bahan, Statistik pencacah radiasi, dan radiasi sinar γ pada bahan. Efisiensi tabung GM cacahan β bergantung pada jarak sumber radiasi ke bukaan tabung, dan luas bukaan tabung, bila hal ini tidak diperhitungkan radiasi sumber yang tercacah tidak seluruhnya ataupun maksimal dapat tercacah pada digit counter dan radiasi yang tercacah mungkin saja berasal dari radiasi kosmik dan lingkungan.

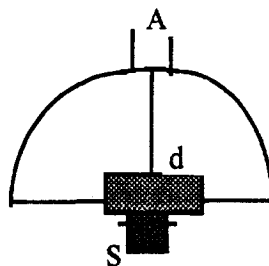
Tabung Geiger Muller pada dasarnya adalah tabung lucutan yang terdiri dari silinder penghantar yang tipis sebagai katoda dan kawat koaksial sebagai anoda. Tabung ini diisi dengan gas mulia, misalnya argon yang bertekanan beberapa cmHg dengan sedikit tambahan halogen atau uap organik untuk meredam lucutan. Apabila ada beda potensial antara kedua elektroda, partikel atau foton yang masuk ke dalam tabung akan menyebabkan pengionan dan kemudian akan menghasilkan pulsa tegangan. Pulsa ini dapat diamati dengan suatu alat pencacah.

Gambar skema tabung GM seperti ditunjukkan dibawah ini (Atam P. Arya 1965)



Gambar 1. Skema Geiger Muller

Jika luas bukaan tabung Geiger Muller A cm^2 dan d adalah jarak bukaan tabung ke sumber maka proporsi partikel β yang masuk ke tabung sebesar $A/2\pi d^2$.



Gambar 2. Skema pancaran radiasi sumber S ke tabung

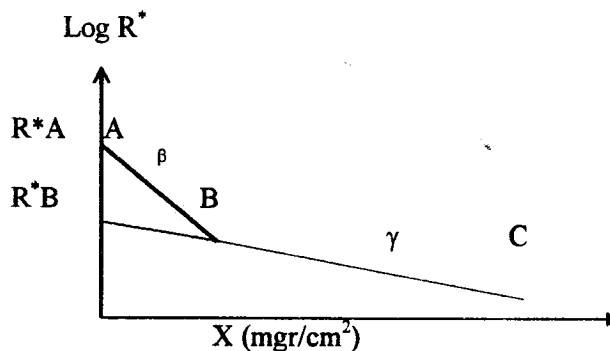
Besarnya disintegrasi sumber 1 Ci per detik $3,7 \cdot 10^{10}$. Untuk sumber yang dipancarkan 1 μCi akan terjadi $3,7 \cdot 10^4$ kali 60 disintegrasi per- menit (banyaknya cacahan partikel β yang dipancarkan oleh sumber per-menit). Banyaknya partikel β yang masuk ke bukaan tabung per menit adalah (F. Tyler 1971)

$$\frac{A}{2\pi d^2} (3,7 \times 10^4) (60) \dots\dots\dots (1)$$

Efisiensi cacahan β dari tabung adalah : $Eff = \frac{N'}{\frac{A}{2\pi d^2} (3,7 \times 10^4) (60)} \dots\dots\dots (2)$

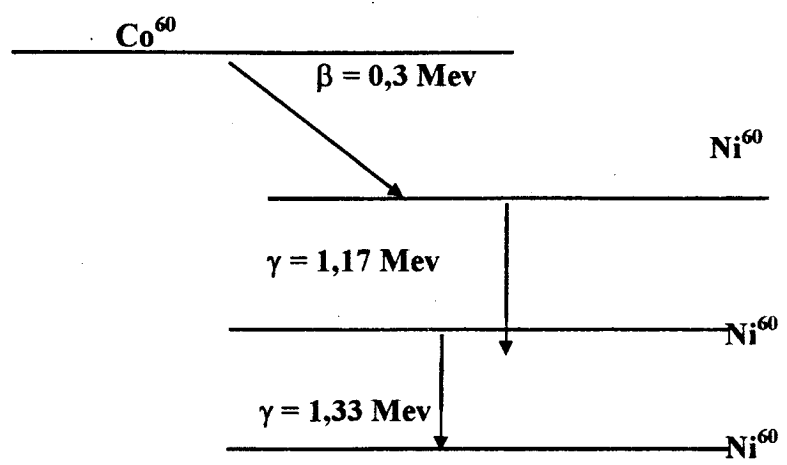
dimana: $N' = |N / (1 - Rt)| - N_o \dots\dots\dots (3)$

N' adalah cacahan terkoreksi N adalah cacahan rata-rata, N_o cacahan latar , t adalah waktu mati detektor. Efisiensi relatif tabung Geiger Muller untuk cacahan β/γ ditentukan melalui grafik $\log R^*$ versus lempeng Al pada kertas semi-log. (F. Tyler 1971)



Gambar 3. Grafik $\log R^*$ versus lempeng Al

R* adalah cacahan terkoreksi untuk sumber radiasi Ra. Pada grafik diatas ada dua bagian garis lurus. Garis lurus AB merupakan cacahan β dan γ yang tercacah pada digit counter dan garis lurus BC merupakan cacahan γ saja , sinar β secara keseluruhan tidak tercacah lagi setelah titik B (lihat gambar 3). Skema disintegrasi Co^{60} terlihat bahwa Co^{60} dapat memancarkan partikel β dan γ (Wisnu Susetyo 1988)



Gambar 4. Skema disintegrasi Co^{60} menjadi Ni^{60}

Pada tulisan ini menggunakan sumber radioaktif Ra^{226} yang dapat memancarkan partikel α , β dan foton γ (Arthur Beiser 1990)

Faktor γ dapat ditentukan dengan menurunkan efisiensi relatif β/γ pada tabung Geiger - Muller sebagaimana persamaan berikut ini (F. Tyler 1971)

$$\beta / \gamma = \frac{2(R^* A - R^* B)}{R^* B} = \quad \% \quad \dots\dots\dots(4)$$

METODOLOGI

1. Menentukan tegangan operasi detektor.

Tegangan operasi detektor ditentukan dengan membaca jumlah cacahan sumber radioaktif terhadap tegangan yang dioperasikan, ini dilakukan dengan memvariasikan HV sebesar 25 volt. Sebelum penentuan tegangan operasi terlebih dahulu ditentukan cacah latar. Cacah ini berasal dari radiasi kosmik dan lingkungan.

2. Menentukan waktu mati detektor.

Menentukan waktu mati detektor digunakan dua sumber radioaktif. Dilakukan dengan tiga tahap, tahap pertama pencacahan sumber radiasi pertama R_1 , tahap kedua cacahan sumber kedua R_2 dan tahap ketiga cacahan sumber pertama dan kedua digabung bersama-sama R_3 . Penentuan waktu mati digunakan persamaan berikut:

$$t = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2R_1R_2} \dots\dots\dots(5)$$

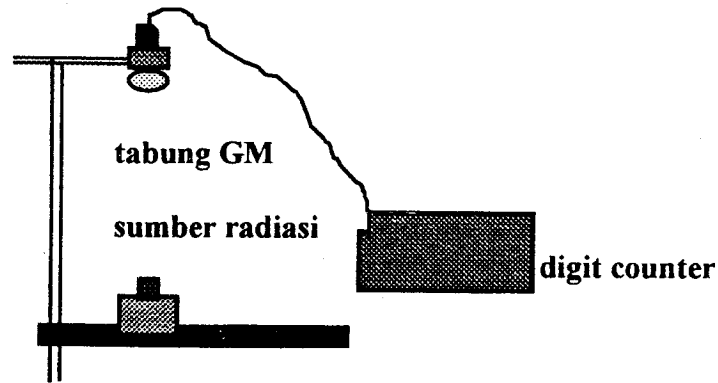
R_1 = cacahan rata-rata sumber 1

R_2 = cacahan rata-rata sumber 2

R_3 = cacahan rata-rata sumber 1 dan 2 dipasang bersama-sama

3. Pengukuran efisiensi tabung GM cacahan β .

Pengukuran efisiensi tabung GM untuk cacahan β dilakukan seperti gambar (5). Sumber radioaktif yang digunakan adalah sumber yang dapat memancarkan sinar β yakni Sr. Dengan merubah - rubah jarak bukaan tabung GM dengan sumber radiasi akan dibaca cacahan per menit pada digit counter. Perubahan setiap jarak bukaan tabung GM dengan sumber radiasi 5 cm, dan setiap jarak tertentu dilakukan pengukuran sampai 8 kali



Gambar 5. Susunan peralatan pengambilan data

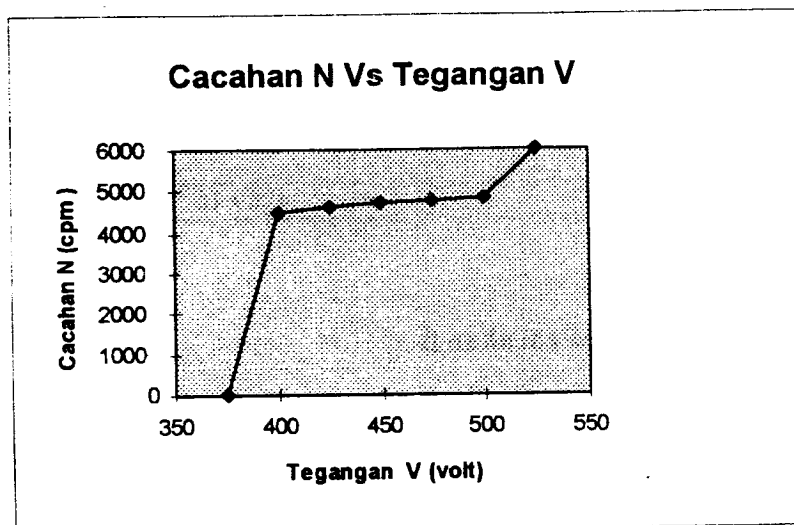
4. Pengukuran efisiensi relatif tabung GM cacahan β/γ

Penentuan efisiensi relatif tabung GM cacahan β/γ digunakan lempengan aluminium dengan tebal bervariasi, dan sumber radioaktif yang digunakan adalah Radium. Blok diagram pengambilan data dilakukan seperti gambar (5). Sebelum dilakukan pengukuran terlebih dahulu ditentukan jarak bukaan tabung GM ke sumber radiasi tetap. Untuk tebal Aluminium tertentu dibaca cacahan per menit pada digit counter sebanyak 8 kali. Sebelum dilakukan analisa data cacah latar dan waktu mati diperlukan untuk pengoreksian terhadap cacahan radiasi sumber. Harga cacah radiasi

sumber terkoreksi dapat dilihat pada persamaan (3).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini digunakan dua sumber radioaktif Ra dan Sr. Sebagai bahan lempeng penyerap adalah Aluminium. Hasil penelitian penentuan tegangan operasi detektor tercantum pada grafik (1). Sedangkan grafik log R terhadap tebal bahan penyerap tertera pada grafik (2). Hasil eksperimen cacah latar, waktu mati, cacah radiasi untuk berbagai jarak dengan bukaan tabung GM dan cacah radiasi untuk berbagai ketebalan dibuat pada tabel (1),(2) dan (3).



Grafik (1). Kurva Plateau

Dari grafik (1) dapat ditentukan tegangan operasi detektor GM yaitu 450 volt. Nilai tersebut diperoleh dari nilai kesetabilan grafik pada saat tegangan detektor diukur dalam cacahan per menit. Dimana kurva datar tersebar antara 400 - 500 volt. Dalam hal nilai yang mewakili kurva datar diambil tegangan dari interval tersebut dan diperoleh tegangan operasi detektor GM 450 volt.

1. Perhitungan waktu mati detektor GM:

Dari percobaan diperoleh $R_1 = 11810$ cpm, $R_2 = 123$ cpm dan $R_3 = 11207$ cpm. Dari harga tersebut dihitung nilai waktu mati t detektor dengan persamaan (5).

$$t = \frac{11810 + 123 - 11207}{2 \times 11810 \times 123} = 0,24989 \cdot 10^{-9} \text{ sekon}$$

Tabel (1). Cacah latar dan waktu mati

Cacah latar N_0 (cpm)	Waktu mati t (sekon)
55	$0,24989 \cdot 10^{-9}$

2. Pengukuran efisiensi tabung GM cacahan β

Tabel (2). Data perubahan jarak cacah radiasi dengan sumber d , cacah rata-rata N , cacah terkoreksi N^* , dan efisiensi β

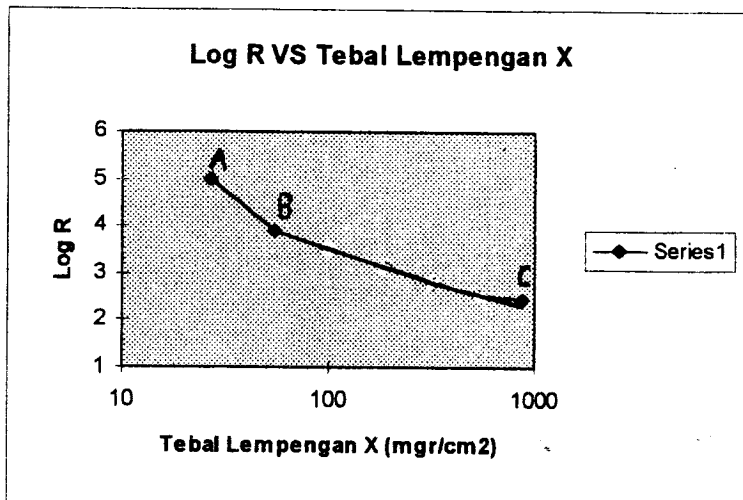
d (cm)	N (cpm)	N^* (cpm)	Eff β (%)
5	27935	-4723	-21,7
10	9251	-7102	-130,5
15	3665	4370	180,7
20	1997	3933	289,2
25	1350	1982	227,2
30	710	808	133,0
35	410	401	90,3

3. Pengukuran efisiensi relatif tabung GM cacahan β/γ

Tabel (3). Data variasi ketebalan bahan penyerap x, cacahan rata-rata R, cacahan terkoreksi R^* dan $\log R^*$

x (mgr/cm ²)	R (cpm)	R* (cpm)	log R*
27,0	3900	101000	5,00
54,6	2777	9048	3,96
100,0	1782	3179	3,50
187,0	1005	1307	3,12
322,0	556	611	2,79
536,0	350	349	2,54
877,0	285	272	2,43

Variasi ketebalan lempeng penyerap terhadap $\log R^*$ dibuat pada grafik semi-log seperti tertera pada grafik (2).



Grafik (2). Log R VS Tebal lempengan

Pada tulisan ini sebelum mengadakan pengambilan data efisiensi β dan efisiensi β/γ dilakukan dahulu penentuan tegangan operasi detektor. Tegangan ini harus ditentukan pada harga yang sesuai. Sebab bila pada waktu pengoperasian detektor dipakai tegangan (HV) dibawah harga tegangan operasi mengakibatkan dihasilkannya cacahan yang kurang baik.

Dilakukan penentuan harga cacah latar, mengingat disamping adanya radiasi oleh sumber-sumber radioaktif pada waktu percobaan, ada juga radiasi yang berasal dari lingkungan dan sinar kosmik, dimana radiasi ini berpengaruh sewaktu dilakukan pengkoreksian dengan cacah latar.

Pada penentuan efisiensi tabung GM cacahan β bergantung pada jarak bukaan tabung GM ke sumber radiasi dan juga luas bukaan tabung GM. Sumber radiasi yang digunakan Stronsium (Sr) yang dapat memancarkan partikel β . Efisiensi tabung GM maksimum untuk cacahan β diperoleh 90,3 % pada jarak 35 cm.

Penentuan efisiensi tabung GM cacahan β/γ dapat dicari dari grafik (2). Pada grafik (2) terdapat dua garis lurus AB dan BC. Garis lurus AB menerangkan adanya cacahan partikel β dan foton γ . Garis lurus BC merupakan cacahan foton γ saja. Masing masing garis lurus dapat dicari garis lurus yang paling cocok dengan regresi linier.

Persamaan garis lurus $Y = a + b X$

dimana
$$a = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x \sum x y}{n \sum x_i^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x)^2}$$

Tabel 4

x_i	y_i	$x_i y_i$	x_i^2
27	5,00	135,108	729
54.6	3,96	216,216	2981,16
\sum 81,69	\sum 8,964	\sum 351,324	\sum 3710,16
100	3,5	350,000	10000
187	3,12	583,440	34969
322	2,79	898,380	103684
536	2,54	1361,440	287296
877	2,43	2131,110	769129
\sum = 2076,6	\sum 18,34	\sum 5571,789	\sum 1208059,1

Setelah dimasukkan data yang ada pada tabel (4) diperoleh persamaan garis lurus pertama AB $Y = 6,025 - 0,378 X$ atau $\log R^* = 6,025 - 0,378 X$ untuk $X = 27$ $\log R^* A = 5,0044$ atau $R^* A = 101018,29$

Untuk persamaan garis lurus kedua BC diperoleh $Y = 3,605 - 0,001 X$, atau $\log R^* = 3,605 - 0,001 X$ untuk $X = 27$ $\log R^* B = 3,575$ atau $R^* B = 3742,31$

Garis lurus pertama AB dan garis lurus kedua BC dapat dilihat pada gambar (3). Nilai $R^* A$ dan $R^* B$ dimasukkan pada persamaan (4) dapat diperoleh efisiensi tabung GM cacahan $\beta/\gamma = 51,987 \%$

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Efisiensi tabung GM cacahan β bergantung pada jarak sumber radiasi dengan bukaan tabung GM dan luas bukaan tabung A. Efisiensi terbesar diperoleh 90,3 % pada jarak d: 35 cm dan nilai ini berlaku untuk Sumber Sr.
2. Efisiensi relatif tabung GM cacahan β/γ tidak bergantung jarak sumber radiasi dengan bukaan tabung tetapi bergantung pada jangkauan tempuh sinar β dan γ . Efisiensi relatif tabung GM cacahan β/γ diperoleh 51,987 % untuk Sumber Ra.
3. Hasil data pada tabel (2) dan (3) tidaklah berharga tetap, bergantung situasi dan kondisi pada saat pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

Arya P. Atam, 1965 " Fundamental of Nuclear Physics " Allyn and Bacon, Inc Boston

Beiser Arthur , 1990 " Konsep fisika Modern Edisi ke empat Erlangga Jakarta.

F. Tyler B.sc., Ph.D., F. Inst. P. 1971 " A Laboratory manual of Physics four edition" Edward Arnold (Publishers) LTD. London

Susetyo Wisnu, 1988 " Spektroskopi Gamma " Pusat Penelitian Bahan Murni dan Instrumentasi Batan UGM Press