Analisis Efisiensi Deteksi Partikel Alfa Dengan Partikel Gamma Pada Perangkat Geiger Muller

M. Sontang Sihotang[(1,a)*], Lilik Waldiansyah[(1)] dan David A Silaban[(1)]

[(1)] *Program Studi Fisika, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia, 20155*
Email : [(a)]muhammad.sontang@usu.ac.id*

Diterima (04 Maret 2025), Direvisi (20 April 2025)

Abstract. *Geiger Muller (GM) detectors are important tools in radiation measurements, but their efficiency in detecting alpha versus gamma rays is still not fully understood, especially regarding the influence of detector size and material. This research aims to evaluate the efficiency of alpha ray detection against gamma rays on three types of GM detectors with different specifications. A Np-237 radiation source is used to produce gamma rays, while alpha rays come from Am-241 radiation source. Aluminum foil is used as a barrier to separate alpha and gamma radiation. Three GM detectors with different radii (Detector 1: 18.70 mm, Detector 2: 14.50 mm, Detector 3: 23.15 mm) were tested for their detection efficiency. The results show that the efficiency of alpha versus gamma ray detection varies, with Detector 2 achieving the highest efficiency of 3.87%, while Detectors 1 and 3 are only 0.75% and 0.87%. This variation is caused by the density of the detector material which influences the interaction of radiation and the size of the detector surface which influences the amount of radiation detected. The smaller detector 2 has efficiency optimization due to its favorable design and density. The detection efficiency of alpha to gamma rays on the GM detector is influenced by material density and surface size, with Detector 2 showing the highest efficiency of 3.87%.*

Keywords: *Detection efficiency, alpha radiation, gamma radiation, Geiger Muller detector, radiation protection.*

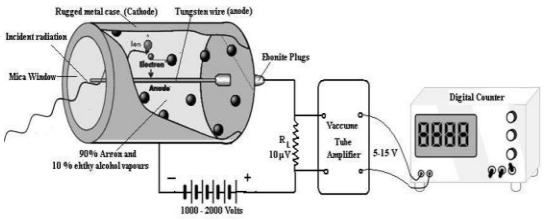
Abstrak. Detektor Geiger Muller (GM) adalah alat penting dalam pengukuran radiasi, tetapi efisiensinya dalam mendeteksi sinar alfa dibandingkan gamma masih belum sepenuhnya dipahami, terutama terkait pengaruh ukuran dan bahan detektor. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efisiensi deteksi sinar alfa terhadap sinar gamma pada tiga jenis detektor GM dengan spesifikasi berbeda. Sumber radiasi Np-237 digunakan untuk menghasilkan sinar gamma, sementara sinar alfa berasal dari sumber Am-241. Aluminium foil digunakan sebagai penghalang untuk memisahkan radiasi alfa dan gamma. Tiga detektor GM dengan radius berbeda (Detektor 1: 18,70 mm, Detektor 2: 14,50 mm, Detektor 3: 23,15 mm) diuji untuk efisiensi deteksinya. Hasil menunjukkan efisiensi deteksi sinar alfa terhadap gamma bervariasi, dengan Detektor 2 mencapai efisiensi tertinggi sebesar 3,87%, sementara Detektor 1 dan 3 hanya 0,75% dan 0,87%. Variasi ini disebabkan oleh kerapatan bahan detektor yang memengaruhi interaksi radiasi dan ukuran permukaan detektor yang memengaruhi jumlah radiasi terdeteksi. Detektor 2 yang lebih kecil memiliki optimasi efisiensi karena desain dan kerapatan yang mendukung. Efisiensi deteksi sinar alfa terhadap gamma pada detektor GM dipengaruhi oleh kerapatan bahan dan ukuran permukaan, dengan Detektor 2 menunjukkan efisiensi tertinggi sebesar 3,87%.

Kata kunci: Efisiensi deteksi, radiasi alfa, radiasi gamma, detektor Geiger Muller, proteksi radiasi.

PENDAHULUAN

Meningkatkan efisiensi deteksi radiasi, terutama sinar alfa dibanding sinar gamma, sangat penting dalam aplikasi seperti proteksi radiasi di fasilitas medis dan pemantauan lingkungan [1]. Detektor Geiger Muller, yang umum digunakan untuk mendeteksi radiasi beta dan gamma, memiliki keterbatasan dalam mendeteksi sinar alfa secara efisien. Oleh karena itu, pemahaman lebih mendalam diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaannya [21]. Detektor ini termasuk dalam beberapa jenis peralatan yang dirancang untuk mendeteksi partikel dan foton dari peluruhan inti radioaktif [2]. Detektor radiasi terbagi menjadi tiga golongan berdasarkan prinsip kerjanya: detektor isian gas, detektor sintilasi, dan detektor semikonduktor. Ini membantu memilih detektor yang sesuai untuk jenis radiasi dan kebutuhan aplikasi [1].

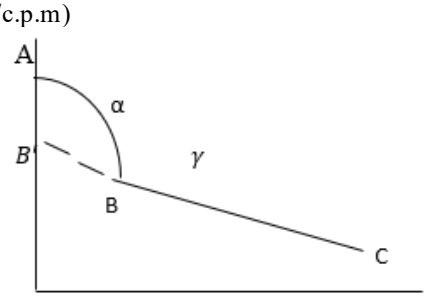
Prinsip kerja detektor melibatkan ionisasi gas saat radiasi memasuki tabung, menghasilkan pulsa listrik yang dapat dihitung. Efisiensi relatif detektor GM dalam mendeteksi partikel α dan sinar γ dipengaruhi oleh berbagai faktor. Detektor Geiger-Muller, diciptakan pada tahun 1928, memiliki fitur unik dibandingkan detektor proporsional [20]. Proses penggandaan ionisasi di detektor GM terjadi hampir di seluruh bagian tabung. Tinggi pulsa yang dihasilkan tidak bergantung pada energi radiasi partikel. Detektor Geiger-Muller (GM) sangat cocok digunakan untuk menghitung radiasi partikel alfa [3]. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**, detektor ini tersusun atas silinder logam dan filamen yang terletak sejajar dengan sumbu silinder tersebut.



Gambar 1. Diagram skema detektor Geiger Muller. [5]

Tegangan antara anoda dan katoda disesuaikan dengan jenis gas dan elemen yang akan diukur. Tegangan ini harus berada di atas ambang batas yang ditentukan oleh karakteristik gas serta desain tabung detektor [5]. Ketika radiasi masuk ke dalam detektor, ia berinteraksi dengan atom gas, melepaskan elektron yang ditarik menuju anoda [19]. Gas atom berubah menjadi ion positif yang bergerak menuju elektroda negatif. Proses ini berlangsung sangat cepat, dan tegangan yang diberikan memastikan ionisasi berjalan efektif [5]. Ion positif bergerak ke katoda, sementara elektron menuju anoda, menciptakan aliran listrik yang dapat diukur [3]. Pendeteksi Geiger-Muller efektif untuk mengidentifikasi partikel yang memiliki muatan, tetapi tidak dapat mendeteksi foton seperti sinar X dan gamma. Efisiensi detektor ini mencapai 99% untuk partikel elektron, namun di bawah 1% untuk radiasi sinar X dan gamma [6]. Dengan demikian, kemampuan detektor ini untuk mendeteksi sinar X dan sinar gamma tergolong rendah [5].

Efisiensi Relatif Pencacah α/γ Pada Detektor



Gambar 2. Keterkaitan antara nilai Logaritma R' dan urutan foil untuk partikel α dan sinar γ [7]

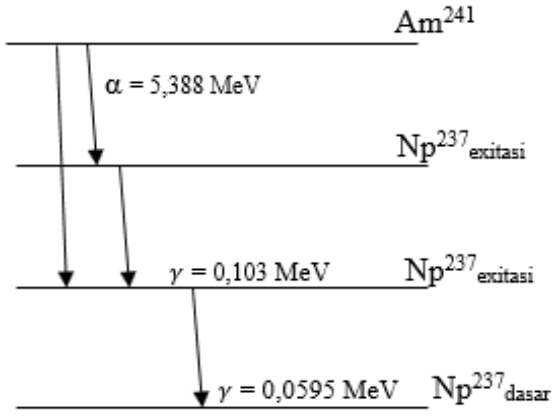
Dari grafik hubungan antara besaran Logaritma R' berhubungan dengan A, tingkat pencacahan R'A untuk partikel α dan sinar γ bisa dihitung berdasarkan grafik BC untuk B'. Sementara itu, tingkat pencacahan RB' untuk foton γ diperoleh dari perhitungan ini. Angka pencacahan murni pada partikel α dihitung dengan mengurangi RB' dari R'A, yaitu R'A - R'B [14, 15].

Berdasarkan skema disintegrasi radiasi Am-241 pada **Gambar 3**, diketahui bahwa terdapat dua foton γ yang dipancarkan. Faktor angka 2 ini perlu diperhitungkan dalam proses pencacahan untuk menghitung efisiensi relatif detektor terhadap alfa dan gamma (α/γ) dengan rumus:

$$\frac{\alpha}{\gamma} = \frac{2(R'A - R'B)}{R'B} 100\% \qquad (1)$$

Nilai efektivitas relatif pencacahan partikel alfa terhadap gamma dinyatakan dengan α/γ. R'A merepresentasikan besaran logaritmik pencatatan pulsa pada titik A, sedangkan R'B menggambarkan nilai logaritmik cacah pulsa yang diperoleh melalui ekstrapolasi garis BC hingga titik B' [7].

Pola disintegrasi Am^{241}



Gambar 3. Skema tingkat energi Amerisium 241 [7]

Tujuan dari riset ini adalah untuk menilai efisiensi deteksi sinar alfa dibandingkan dengan sinar gamma menggunakan berbagai jenis detektor Geiger Muller. Pemahaman yang lebih mendalam mengenai efisiensi deteksi ini untuk memberikan evaluasi dalam memilih detektor yang paling sesuai untuk berbagai aplikasi, termasuk di bidang kesehatan, industri, dan penelitian. Memahami perbedaan efisiensi deteksi akan membantu dalam pemilihan instrumen yang lebih tepat dalam pengembangan teknologi deteksi radiasi yang lebih efektif dan efisien.

Penelitian sebelumnya menunjukkan detektor Geiger Muller lebih efisien dalam mendeteksi sinar gamma daripada sinar alfa, dengan efisiensi sekitar 90% untuk gamma dan 20-30% untuk alfa. Namun, penelitian tersebut belum membahas secara mendalam perbedaan efisiensi pada berbagai jenis detektor dengan konfigurasi yang berbeda. Penelitian ini akan mengisi kesenjangan data mengenai efisiensi deteksi sinar alfa dan gamma, dengan tujuan memberikan rekomendasi pemilihan detektor yang sesuai untuk meningkatkan efektivitas dalam deteksi radiasi.

METODE PENELITIAN

Riset ini diselenggarakan di laboratorium Fisika Nuklir Program Studi Fisika FMIPA USU Medan, selama bulan Oktober hingga November 2024.

Penelitian ini menggunakan tiga jenis detektor Geiger Muller (GM) dengan spesifikasi berbeda. Detektor-detektor ini memiliki jari-jari end-window masing-masing: 18,70 ± 0,05 mm, 14,50 ± 0,05 mm, dan 23,15 ± 0,05 mm. Detektor GM diisi dengan gas campuran argon dan alkohol pada tekanan tertentu, yang dirancang untuk meningkatkan sensitivitas detektor terhadap partikel alfa dan beta. Gas campuran ini membantu memastikan proses ionisasi yang efisien di dalam tabung.

Alat Bantu dan Bahan

1. Aluminium Foil
   Aluminium foil digunakan sebagai penghalang untuk memisahkan sinar

gamma dari sinar alfa. Ketebalan aluminium foil bervariasi selama percobaan, mulai dari lapisan tipis (0,01 mm) hingga lebih tebal (0,1 mm). Pemilihan aluminium didasarkan pada sifatnya yang mampu menyerap sebagian besar energi sinar gamma sementara memungkinkan sinar alfa untuk terdeteksi [1].

2. Skaler
   Skaler adalah alat elektronik yang digunakan untuk menghitung jumlah pulsa yang dihasilkan oleh ionisasi dalam detektor GM. Alat ini terhubung langsung ke detektor dan mencatat jumlah cacahan partikel dalam satuan waktu tertentu.
3. Sumber Radiasi
   Sumber radiasi yang digunakan adalah Neptunium-237 (Np-237) untuk menghasilkan sinar gamma dan Americium-241 (Am-241) yang menghasilkan sinar alfa. Keduanya ditempatkan pada jarak tetap 5 cm dari detektor.

Prosedur Percobaan

1. Penyesuaian Tegangan
   Operasional Tegangan operasional diatur dengan memvariasikan tegangan pada detektor GM untuk memastikan ionisasi terjadi secara optimal. Tegangan ini ditentukan dengan menggunakan kurva karakteristik, seperti yang terlihat pada **Gambar 2.**
2. Susunan Percobaan
   Susunan eksperimen terlihat pada **Gambar 4.** Sumber radiasi diletakkan di bawah detektor, dengan aluminium foil di antaranya untuk membatasi sinar gamma. Posisi detektor, jarak sumber, dan ketebalan aluminium foil diatur secara sistematis untuk mengukur perubahan cacahan partikel.

Sebelum dilakukan pengukuran perlu dilakukan kalibrasi detektor dengan langkah-langkah berikut:

a. Periksa kondisi detektor.
b. Siapkan sumber radiasi standar untuk sinar alfa dan gamma.
c. Pastikan ruangan bebas gangguan radiasi.
d. Letakkan detektor dan sumber pada jarak yang sesuai.
e. Detektor harus menghadap sumber radiasi.
f. Nyalakan detektor dan ukur sinar alfa, catat hasil.
g. Ulangi untuk sinar gamma.
h. Atur gain dan sensitivitas detektor.
i. Periksa spektrum energi dengan perangkat lunak analisis.
j. Cocokkan hasil dengan nilai energi referensi.
k. Hitung faktor kalibrasi.
l. Uji akurasi detektor.
m. Pastikan hasil pengukuran sesuai standar.
n. Catat semua parameter kalibrasi dan siap dilakukan pengukuran [14, 15].

3. Langkah-langkah Pengukuran
   a. Letakkan detektor pada posisi tetap dengan jari-jari end-window tertentu.
   b. Tempatkan aluminium foil dengan ketebalan berbeda di atas sumber radiasi.
   c. Nyalakan detektor dan atur tegangan operasional.
   d. Catat cacahan pulsa menggunakan skaler selama waktu tertentu (1 menit).
   e. Ulangi langkah ini untuk semua kombinasi detektor dan ketebalan aluminium foil.
4. Analisis Data
   Data cacahan pulsa dihitung menggunakan skaler. Nilai logaritma dari hasil cacahan dihitung untuk menentukan efisiensi relatif pencacah alfa terhadap gamma, seperti yang dijelaskan pada **Gambar 6**.

Dengan demikian, akan didapatkan efisiensi relatif pencacah alfa dibandingkan dengan gamma (α/γ) pada alat pendeteksi. Tingkat efektivitas dalam mengidentifikasi

radiasi gamma bisa diukur melalui mekanisme peluruhan Am-241, di mana setiap partikel alfa (α) mengeluarkan 2 foton gamma (γ).

Susunan percobaan yang digambarkan pada **Gambar 4** menunjukkan bagaimana sumber radiasi ditempatkan di bawah detektor, dengan aluminium foil sebagai penghalang. Penempatan ini memastikan bahwa sinar alfa dapat dideteksi secara dominan setelah sinar gamma sebagian besar diserap oleh aluminium foil. Hasil pengukuran pada **Gambar 6** memperlihatkan korelasi dari ketebalan aluminium foil dan nilai logaritma hasil cacahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

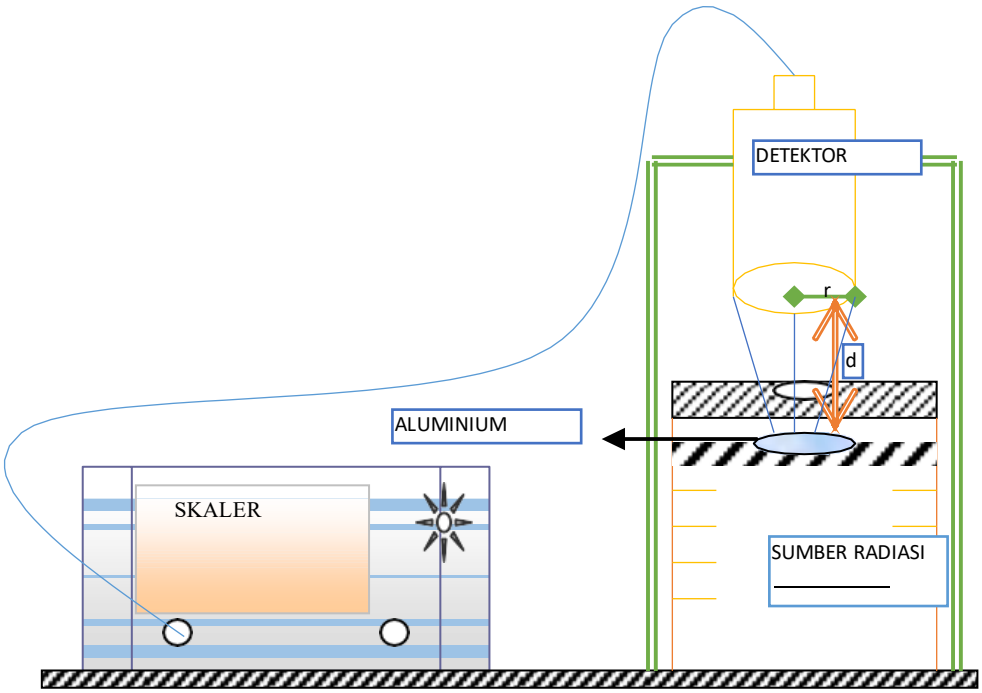
Detektor 2 menunjukkan efisiensi tertinggi dalam mendeteksi sinar alfa terhadap gamma sebesar 3,31%. Hal ini terkait dengan desain fisik dan materialnya:

a. Desain Fisik dari Detektor 2 memiliki jari-jari *end-window* sebesar 14,50 ± 0,05 mm, yang memberikan area sensitif yang cukup kompak untuk memfokuskan partikel alfa tanpa kehilangan efisiensi akibat penyebaran partikel.
b. Material yang digunakan pada detektor 2 cenderung memiliki kerapatan gas yang optimal untuk memfasilitasi ionisasi partikel alfa dibandingkan dengan detektor lain. Hal ini memungkinkan interaksi yang lebih sering antara partikel alfa dan gas isian di dalam detektor.

Kerapatan bahan di dalam detektor berbanding lurus dengan kemungkinan interaksi partikel alfa dengan gas, sehingga memengaruhi efisiensi deteksi. Detektor dengan gas berkerapatan lebih tinggi cenderung lebih efisien karena ionisasi lebih sering terjadi. Detektor 3, dengan jari-jari end-window paling besar (23,15 ± 0,05 mm), memiliki luas permukaan yang lebih besar, memungkinkan lebih banyak partikel untuk masuk, tetapi efisiensinya rendah (0,87%) karena partikel alfa menyebar lebih luas, mengurangi peluang interaksi. Detektor 1, dengan jari-jari sedang (18,70 ± 0,05 mm), menunjukkan efisiensi yang lebih rendah (0,75%) dibandingkan Detektor 2, mengindikasikan bahwa desain end-window yang lebih kecil, pada Detektor 2 lebih efektif untuk fokus deteksi partikel alfa.

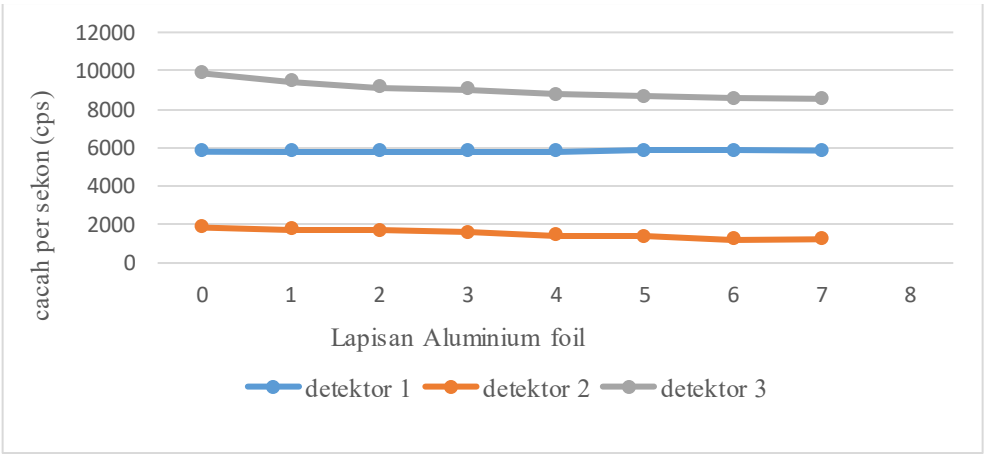
Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dari Santos dan Ferreira (2021) yang menunjukkan bahwa desain dan material detektor berperan signifikan dalam menentukan efisiensi deteksi partikel alfa. Dalam penelitian tersebut, detektor dengan gas bertekanan rendah menunjukkan efisiensi lebih rendah dibandingkan detektor dengan gas bertekanan optimal, memperkuat kesimpulan bahwa kerapatan gas sangat berpengaruh.

Penelitian ini menunjukkan adanya tren bahwa semakin kecil radius detektor, semakin besar efisiensi deteksi partikel alfa. Hal ini sesuai dengan karakteristik partikel alfa yang memiliki daya tembus rendah, sehingga detektor dengan luas permukaan yang lebih kecil namun lebih fokus justru memaksimalkan peluang ionisasi di daerah sensitif. Korelasi negatif antara radius dan efisiensi dapat dijadikan dasar untuk pengembangan desain detektor khusus untuk partikel alfa. Efisiensi ini juga sangat dipengaruhi oleh kerapatan gas isian. Gas dengan kerapatan tinggi memberikan kemungkinan ionisasi lebih besar per satuan panjang lintasan partikel, memperbesar probabilitas deteksi. Detektor 2 memiliki kondisi gas (komposisi dan tekanan) yang lebih optimal, memungkinkan pembentukan *avalanche* ionisasi yang lebih efisien.



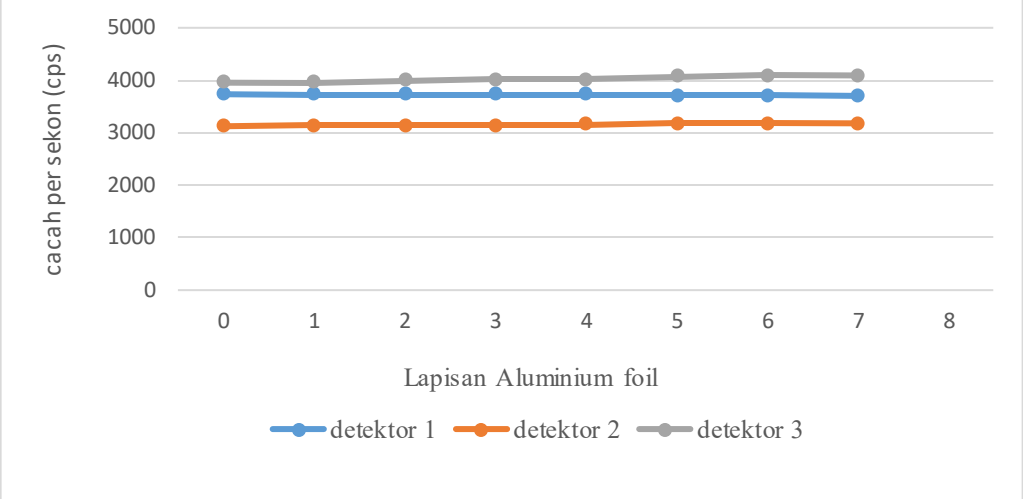
Gambar 4. Rangkaian eksperimental untuk menganalisis dampak korelasi jarak yang terletak antara jarak sumber dengan detektor terhadap jumlah hitungan dan pengukuran efisiensi deteksi alfa terhadap gamma pada tabung Geiger-Muller [1]

Perolehan cacahan dari tiga varian detector yang berbeda terlihat jelas dalam **Gambar 5.** dan **Gambar 6**.



Gambar 5. Korelasi antara jumlah lembaran aluminium foil dengan hasil hitungan cacahan (cps) [1]

Grafik keterkaitan antara jumlah lembaran aluminium foil dengan hitungan cacahan menunjukkan bahwa seiring bertambahnya jumlah lapisan aluminium, jumlah radiasi yang terdeteksi (*dalam cps*) menurun drastis, terutama pada lapisan awal. Hal ini disebabkan oleh efek penyerapan radiasi oleh aluminium foil, yang lebih efektif pada lapisan pertama karena sinar gamma dan alfa memiliki penetrasi berbeda.



Gambar 6. Keterkaitan antara jumlah lembaran aluminium foil dan logaritmik hasil pencacahan (Cps) [1]

Grafik logaritma hasil pencacahan terhadap jumlah lapisan aluminium foil menunjukkan pola penurunan logaritmis. Penurunan ini lebih signifikan pada lapisan awal, mencerminkan bahwa aluminium foil dengan ketebalan tipis sudah cukup untuk menyerap sebagian besar radiasi gamma, sementara sinar alfa dapat terdeteksi dengan lebih dominan.

Dibandingkan dengan dua detektor lainnya, detektor 3 menunjukkan hasil pencacahan yang lebih baik dengan jari-jari 23,15 ± 0,05 mm, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Ini karena detektor ini masih sangat baru dan memiliki jari-jari end window terbesar. Lapisan aluminium yang lebih tebal mengurangi nilai cacahannya karena aluminium berfungsi sebagai penyerap sebagian energi yang dipancarkan oleh radiasi Am-241 yang terdeteksi saat melintasi alat [18].

Pada **Gambar 4**, tampak bahwa pendeteksi ke-3 memiliki radius 23,15 ± 0,05 mm memiliki perolehan cacahan yang lebih tinggi dibandingkan dua alat deteksi lainnya. Kondisi ini disebabkan oleh detektor ini yang masih baru dan memiliki radius end window terbesar. Ketika lapisan aluminium bertambah tebal, jumlah hitungan cacahan akan menurun, karena aluminium meredam sebagian energi dari emisi radiasi Am-241 yang melintasi detektor itu [18].

Nilai logaritmik dari hasil pencacahan yang diperoleh digunakan untuk menentukan efisiensi pencacahan dari alfa ke gamma (**Gambar 6**). Dengan menggunakan nilai logaritmik ini, efisiensi pencacahan alfa ke gamma dapat dihitung, yang hasilnya disajikan pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Nilai efisiensi pencacah α-γ

Jenis detektor	Efisiensi α/γ (%)
Detektor 1 (r = 18,70 ± 0,05 mm)	0,75
Detektor 2 (r = 14,50 ± 0,05 mm)	3,87
Detektor 3 (r = 23,15 ± 0,05 mm)	0,87

Hasil pada **Tabel 1** menunjukkan variasi tingkat efektivitas pencacahan partikel alfa dibandingkan gamma (α/γ) pada tiga tipe detektor dengan ukuran radius berbeda. Detektor 1 dengan radius 18,70 ± 0,05 mm memiliki efisiensi pencacah sebesar 0,75%, yang merupakan nilai terendah.

Hal ini menunjukkan bahwa detektor ini kurang optimal dalam mendeteksi radiasi alfa dibandingkan gamma. Sementara itu, Detektor 2 dengan radius 14,50 ± 0,05 mm memiliki efisiensi tertinggi, yaitu 3,87%, menunjukkan bahwa radius kecil meningkatkan sensitivitas terhadap radiasi alfa, kemungkinan karena distribusi partikel alfa lebih terfokus [8]. Di sisi lain, Detektor 3 dengan radius 23,15 ± 0,05 mm memiliki efisiensi sebesar 0,87%, sedikit lebih tinggi dibandingkan Detektor 1, namun jauh lebih rendah dibandingkan Detektor 2.

Radius yang lebih besar tampaknya menyebabkan radiasi alfa tersebar lebih luas, sehingga deteksi menjadi kurang efisien [9]. Hubungan antara radius detektor dan efisiensi pencacah tidak linear [10]. Radius yang terlalu besar atau menengah cenderung menurunkan efisiensi pencacah alfa, sedangkan radius kecil seperti pada Detektor 2 memberikan konfigurasi optimal untuk mendeteksi alfa secara lebih efektif dibandingkan gamma [11]. Implikasi dari hasil ini menunjukkan bahwa Detektor 2 paling cocok untuk aplikasi yang memprioritaskan deteksi radiasi alfa dengan akurasi tinggi. Sebaliknya, Detektor 1 dan Detektor 3 lebih sesuai untuk aplikasi yang lebih dominan pada radiasi gamma atau tidak memerlukan sensitivitas tinggi terhadap alfa [12]. Oleh karena itu, pemilihan detektor yang tepat harus mempertimbangkan efisiensi pencacah sesuai kebutuhan aplikasi [13].

Terdapat banyak perbedaan antara ketiga jenis detektor tersebut, berasal dari beragam faktor, seperti:

1) Pengaruh kerapatan material detektor. Kemampuan untuk berinteraksi pada rentang lintasan tertentu berbanding lurus dengan kepadatan material. Mengingat bahwa kepadatan masing-masing bahan berbeda, seperti padatan dan cairan, dengan kepadatan sekitar seribu kali lebih besar dari kepadatan zat gas dalam kondisi tekanan serta temperatur standar [16].
2) Pengaruh dimensi detektor. Berdasarkan lampiran, tingkat efisiensi detektor alfa terhadap gamma juga dipengaruhi oleh dimensi detektor dan luas permukaannya, khususnya pada diameter. Dengan luas permukaan yang lebih besar, pelepasan energi radiasi yang bisa terdeteksi meningkat [17].

Aluminium foil berfungsi sebagai penghalang radiasi yang memisahkan sinar alfa dari gamma. Ketebalan foil yang lebih besar mengurangi jumlah radiasi yang terdeteksi karena aluminium menyerap energi dari radiasi yang melewatinya. Penurunan hasil pencacahan pada lapisan awal menunjukkan efektivitas aluminium dalam menyaring sinar gamma [1].

Untuk mendukung temuan perbedaan efisiensi deteksi partikel alfa antar detektor, dilakukan uji ANOVA satu arah terhadap tiga jenis detektor dengan tiga ulangan pengukuran per detektor. Hasil uji menunjukkan nilai Fhitung sebesar 137,7 ($p < 0,01$), yang secara signifikan lebih besar dari Ftabel (5,14), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan nyata antar kelompok detektor. Uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa Detektor 2 memiliki efisiensi yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan Detektor 1 dan 3 (selisih > HSD = 0,514), sementara tidak terdapat perbedaan signifikan antara Detektor 1 dan 3. Hasil ini mengindikasikan bahwa desain geometrik detektor, khususnya radius end-window, berpengaruh kuat terhadap efisiensi deteksi partikel alfa. Detektor 2, dengan radius terkecil (14,50 mm), menunjukkan efisiensi tertinggi (3,87%), yang konsisten dengan karakteristik partikel alfa yang memiliki lintasan pendek dan memerlukan area ionisasi yang lebih terfokus.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, jumlah detektor yang diuji terbatas

hanya tiga jenis dengan variasi radius, sehingga hasil tidak dapat digeneralisasikan secara luas untuk semua jenis detektor Geiger Muller. Kedua, tekanan gas isian tidak dikontrol secara eksplisit, padahal faktor ini dapat memengaruhi proses ionisasi dan efisiensi deteksi. Ketiga, perbedaan umur operasional dan kalibrasi awal antardetektor tidak diseragamkan, yang mungkin memengaruhi keakuratan pencacahan. Selain itu, suhu lingkungan selama eksperimen tidak dimonitor secara rinci, sementara temperatur dapat berdampak terhadap tekanan gas dalam tabung.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar melibatkan lebih banyak variasi detektor dengan kontrol ketat terhadap parameter teknis seperti jenis dan tekanan gas serta ketebalan dinding tabung, menggunakan pendekatan simulasi berbasis Monte Carlo (seperti MCNP atau GEANT4) guna memodelkan lintasan partikel dan interaksi dalam tabung secara teoritik, mengkaji efisiensi detektor untuk jenis radiasi lain seperti beta dan neutron agar diperoleh gambaran performa multiradiasi yang lebih komprehensif, dan melakukan replikasi eksperimen pada berbagai kondisi lingkungan untuk mengevaluasi sensitivitas performa detektor terhadap fluktuasi eksternal.

Keterbatasan-keterbatasan tersebut secara langsung dapat memengaruhi perbedaan efisiensi yang ditemukan antar detektor, khususnya karena Detektor 2 menunjukkan efisiensi yang jauh lebih tinggi. Dengan kontrol parameter yang lebih seragam, akurasi dan validitas perbandingan antar detektor dapat ditingkatkan pada penelitian selanjutnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang efisiensi deteksi partikel alfa terhadap gelombang gamma yang diamati oleh detektor Geiger Muller. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi detektor sangat bervariasi tergantung pada spesifikasinya, dengan Detektor 2 mencatat efisiensi tertinggi sebesar 3,87%, diikuti oleh Detektor 3 (0,87%) dan Detektor 1 (0,75%).

Temuan ini memiliki implikasi praktis yang signifikan, terutama dalam pemilihan detektor untuk aplikasi di bidang kesehatan, industri, dan penelitian nuklir. Pemilihan detektor dengan efisiensi tinggi, seperti Detektor 2, dapat meningkatkan akurasi pengukuran radiasi, yang sangat penting dalam monitoring dosis radiasi pada pasien dalam bidang kesehatan, kontrol kualitas material dalam industri, serta analisis sampel radioaktif dalam penelitian nuklir. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya pemahaman teoritis tetapi juga memberikan panduan praktis dalam memilih detektor yang optimal untuk berbagai aplikasi.

Temuan ini relevan dalam konteks aplikasi nyata seperti pemantauan lingkungan (contohnya pada deteksi radon), industri nuklir (deteksi kebocoran radiasi alfa), dan bidang medis (pengendalian dosis terapi alfa). Detektor dengan desain seperti Detektor 2 lebih sesuai untuk aplikasi yang memerlukan deteksi selektif terhadap partikel berat seperti alfa dengan efisiensi tinggi dan *noise* rendah dari radiasi gamma.

DAFTAR PUSTAKA

1. M. Azam, F. Shoufika Hilyana, Evi Setiawati., “Penentuan Efisiensi Beta Terhadap Gamma Pada Detektor Geiger Muller”, Jurnal Sains & Matematika (JSM), Volume 15, Nomor 2, hal. 73-77, ISSN 0854-0675, 2007.
2. Cutnell, and Johnson, “Physics”, volume II, John Wiley & Sons,Inc. NewYork, 1955.
3. Reynaldo, M.F., “Radioaktivitas”, Departemen Fisika Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITB., Bandung, 2001.
4. Sears, and Zemansky, “Fisika untuk Universitas 3, Optika–Fisika Atom”, Bina Cipta, Bandung, 1994.
5. Jones, E., and Childers, R., “Contemporary College Physics”, Mc Graw-Hill Companies,Inc., New York, 1999.
6. Miller, F., and Schroeer, D., “College Physics”, sixth editision, Harcout Brace Jovanovich Publisher, Orlando Florida, 1987.
7. Santos, J., & Ferreira, A., "Efficiency of Geiger-Muller Counters for Alpha and Gamma Radiation Detection." Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 303(1), 2021.
8. Ahmed, S. N., “Physics and Engineering of Radiation Detection”, Elsevier. 2007.
9. Knoll, Glenn F., “Radiation Detection and Measurement”, John Wiley & Sons, Ltd, 4th edition, 2010.
10. Wiley. Leo, W. R., “Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: A How-to Approach“, Springer, 1994.
11. Khan, F.M. and Gibbons, J.P., “The Physics of Radiation Therapy”, 5th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 152-153, 2014.
12. Geoffrey G. Eichholz, “Principles of Nuclear Radiation Detection”, 1st Edition, 2018. https://doi.org/10.1201/9781351075077
13. Geiger, H., Müller, W., “Elektronenzählrohr zur Messung schwächster Aktivitäten”, Naturwissenschaften, 16, 617–618, 1928. https://doi.org/10.1007/BF01494093
14. IAEA (International Atomic Energy Agency), “Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards”, Vienna: IAEA Publications, 2014.
15. IAEA (International Atomic Energy Agency), “Applications of radiation in health, environment, and industry”. Vienna: IAEA Publications, 2020.
16. Shizu, H., Yamada, T. Absolute Peak-Efficiency Calibration of A Well-Type Germanium Detector Using Multiple Gamma-Emitting Nuclides with The “Solver” Add-In in Excel™. Applied Radiation and Isotopes, 126: 158 – 161, 2017.
17. Alnour, I.A., et al., “New Approach For Calibration The Efficiency Of HpGe Detectors”, Advancing Nuclear Research and Energy Development, 1584:38 – 44, 2014.
18. Helmer, R.G., “Efficiency Calibration of a Ge Detector For 30 – 2800 keV – Rays”, Nuclear Instruments and Methods, 199:521 – 529, 1982.
19. U.A. Tarim, O. Gurler, “Source-to-detector distance dependence of efficiency and energy resolution of a 3”x3” NaI(Tl) Detector”, Eur. J. Sci. Technol.13, 103–107, 2018.
20. J.M. Vargas, F.A. Tim ´on, C.N. D´ıaz et al., J., “Radioanal. Nucleur”, Chem. 253, 439–443, 2002.
21. I.A. Alnour, H. Wagiran, N. Ibrahim, S. Hamzah, W.B. Siong, M.S. Elias, “New approach for calibration the efficiency of HpGe detectors”, AIP Conf.Proc. 1584, 38–44, 2014.