

EFEK STRAY CAPACITANCE TERHADAP KARAKTERISTIK DETEKTOR GEIGER MUELLER TIPE END WINDOW DENGAN GAS ISIAN HALOGEN

Irianto, Sayono, Wiwien Andriyanti

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, BATAN

Jalan Babarsari Kotak Pos 6101, Yogyakarta

E-mail: Irianto57@gmail.com

ABSTRAK

EFEK STRAY CAPACITANCE TERHADAP KARAKTERISTIK DETEKTOR GEIGER-MUELLER TIPE END WINDOW DENGAN GAS ISIAN HALOGEN. Detektor Geiger Mueller dengan gas quenching halogen sangat sensitif terhadap efek stray capacitance yang menyebabkan penurunan kinerjanya diantaranya perubahan waktu mati detektor, panjang daerah tegangan plateau dan slope % per 100 volt. Tujuan penelitian ini melakukan pengamatan efek stray capacitance terhadap penurunan kinerja detektor Geiger Mueller. Metodologi penelitian yang dilakukan dengan pembuatan rangkaian aplikasi detektor Geiger Mueller dengan penambahan komponen resistor anoda (R_1) dengan variabel nilai 10 M Ω , 20 M Ω , 30 M Ω , 40 M Ω , 50 M Ω , 60 M Ω . Untuk mengetahui efek stray capacitance dilakukan dengan penambahan kapasitor dengan variabel nilai 100 pF, 200 pF, 500 pF pada nilai resistor anoda tetap. Dari hasil penelitian bahwa penambahan komponen resistor anoda dengan nilai 60 M Ω diperoleh karakteristik detektor Geiger Mueller yang optimum dengan daerah panjang plateau antara 400 volt sampai 1400 volt dan slope 2,27 \pm 0,35 % per 100 volt serta waktu mati detektor 50 μ s. Dengan nilai resistor anoda tetap pada 60 M Ω dan perubahan nilai kapasitan antara 100 pF, 200 pF dan 500 pF diperoleh panjang daerah tegangan plateau masing-masing 400 volt, 280 volt dan 220 volt. Dengan demikian bahwa efek stray capacitance sangat berpengaruh terhadap penurunan kinerja detektor Geiger Mueller. Semakin besar nilai stray capacitance pada rangkaian aplikasi detektor Geiger Mueller maka semakin pendek daerah tegangan plateau dan waktu mati detektor semakin besar.

Kata Kunci : detektor Geiger Mueller, stray capacitance, tegangan plateau, waktu mati

ABSTRACT

THE EFFECT OF STRAY CAPACITANCE ON CHARACTERISTICS OF END WINDOW GEIGER-MUELLER DETECTOR FILLED WITH HALOGEN GAS. Geiger Mueller detector filled with halogen gas are very sensitive to the effects of stray capacitance which causes a decrease in the performance of them changes the detector dead time, and the region long voltage plateau slope% per 100 volts. The purpose of this study is to observe the effects of stray capacitance on the performance degradation Geiger Mueller detector. The research methodology is carried out by making a series of Geiger Mueller detector applications with the addition of the anode resistors (R_1) with a variable value of 10 M Ω , 20 M Ω , 30 M Ω , 40 M Ω , 50 M Ω , 60 M Ω . To determine the effects of stray capacitance is carried out by adding a variable capacitor with a value of 100 pF, 200 pF, 500 pF at the anode fixed resistor value. From the research it's found that the addition of components resistor anode with 60 M Ω value obtained characteristic Geiger Mueller detector with the optimum length of the plateau region between 400 volts to 1400 volts and a slope of 2.27 \pm 0.35% per 100 volts and detector dead time 50 μ s. With a fixed value resistor anode at 60 M Ω and the capacitance value changes between 100 pF, 200 pF and 500 pF obtained long voltage plateau region of each 400 volt, 280 volt and 220 volt. Thus the effects of stray capacitance that affects the performance degradation Geiger Mueller detector. The greater the value of stray capacitance in the circuit of Geiger Mueller detector application then the shorter the plateau voltage region the larger detector dead time.

Keywords : Geiger Mueller detector, stray capacitance, the voltage plateau, dead time

PENDAHULUAN

Sistem deteksi radiasi nuklir pada prinsipnya terdiri dari detektor dan alat ukur. Alat ukur berfungsi menerima luaran dari detektor yang selanjutnya dapat diolah lebih lanjut secara elektronik, sedangkan detektor ini bekerja merubah gejala radiasi nuklir menjadi pulsa listrik atau arus

listrik. Di dalam detektor ini radiasi nuklir yang mengenai suatu media gas akan terjadi proses ionisasi, sehingga timbul ion dan elektron. Akibat adanya medan listrik maka elektron akan bergerak menuju ke anoda dan ion positif akan bergerak menuju katoda. Muatan listrik yang terkumpul di anoda selanjutnya dipindahkan ke kapasitor (C) dan kemudian didisipasikan dalam resistor (R), sehingga

timbul pulsa-pulsa listrik. Detektor yang bekerja berdasarkan proses ionisasi diantaranya adalah detektor jenis gas isian yaitu detektor Geiger Mueller.

Detektor Geiger Mueller pada umumnya dapat menghitung radiasi dengan menerapkan metode pulsa sama halnya dengan detektor proporsional, dan juga dapat menghitung radiasi dengan menerapkan metode arus sama seperti halnya detektor kamar pengionan. Tinggi tegangan kerja tabung detektor Geiger Mueller, akan menimbulkan medan listrik yang tinggi. Tinggi medan listrik pada tabung detektor Geiger Mueller dapat mengakibatkan terjadinya banjir elektron (*electron avalanche*). Pada kondisi tertentu, satu banjir elektron menjadi pemicu terjadinya banjir elektron berikutnya pada tempat yang berbeda di dalam tabung. Pada satu nilai beda potensial tertentu, medan listrik akan bersifat kritis, nantinya setiap terjadinya guguran satu elektron akan diikuti oleh rata-rata satu banjir elektron lainnya. Peningkatan jumlah banjir elektron menyebar dengan cepat, sehingga perlu dilakukan pengendalian agar tidak terjadi proses *discharge*. Proses *discharge* ini, harus “didinginkan secara tiba-tiba” (*quenching*) untuk mencegah terjadinya proses *discharge* yang terus menerus serta untuk mencegah terjadinya multiplikasi pembentukan pulsa.

Berdasarkan permasalahan yang selalu muncul di dalam rangkaian aplikasi detektor Geiger Mueller dengan jenis gas halogen adalah sangat sensitif terhadap timbulnya kapasitansi liar atau *stray capacitance* disetiap komponen. Efek *stray capacitance* ini tidak sepenuhnya dapat dieleminasi sehingga akan menyebabkan penurunan kinerja dari detektor yaitu daerah tegangan *plateau* pendek, dan peningkatan waktu mati (*dead time*) detektor sehingga umur (*life time*) detektor menjadi relatif pendek^[1]. Selanjutnya dalam makalah disajikan hasil penelitian efek *stray capacitance* terhadap karakteristik detektor Geiger Mueller tipe *end window* jenis gas isian halogen dalam upaya peningkatan spesifikasi kinerja detektor tipe *end window* dengan gas isian halogen.

Metodologi penelitian yang dilakukan dengan cara variasi nilai penambahan rangkaian dari luar berupa komponen resistor dalam orde mega ohm pada terminal sinyal luaran dari anoda sebagai rangkaian *passive quenching*. Selanjutnya diamati karakteristik detektor Geiger Mueller yang meliputi daerah tegangan *plateau* dan waktu mati (*dead time*), sedang untuk mengetahui perubahan *stray capacitance* dilakukan penambahan komponen kapasitor dipasang secara parallel dengan katoda. Dengan penambahan rangkaian dari luar dengan nilai komponen resistor yang optimum pada terminal luaran anoda sebagai rangkaian *passive quenching* dapat meningkatkan kinerja detektor Geiger Mueller tipe *end window*.

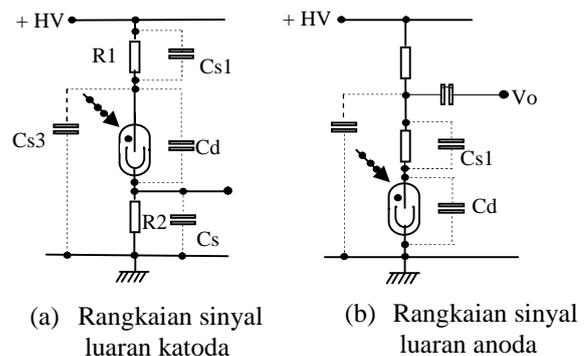
TEORI

Rangkaian *Passive Quenching* Detektor Geiger Mueller

Adanya peristiwa *avalanche* akan mengakibatkan peristiwa lucutan tak terkendali atau *discharge* di sepanjang kawat anoda. Penyebab *avalanche* dalam detektor Geiger Mueller adalah elektron primer yang dihasilkan oleh ionisasi primer dan tumbukan elektron-elektron primer dan sekunder dengan atom-atom gas isian (argon dan bromine) yang tidak menghasilkan ionisasi tetapi hanya menimbulkan eksitasi. Energi eksitasi ini akan dipancarkan oleh atom gas isian sebagai foton dengan energi 12,8 eV sampai 21,74 eV^[4,6]. Sebagian foton yang tidak diserap oleh gas *quenching* (bromine), akan sampai ke permukaan katoda. Oleh karena itu pada umumnya logam yang dipakai untuk bahan katoda mempunyai fungsi kerja kira-kira 8 eV, maka foton-foton ini akan menghasilkan elektron bebas. Elektron bebas ini akan bergerak menuju anoda sehingga menimbulkan proses *discharge*. Proses *discharge* ini, harus “didinginkan secara tiba-tiba” (*quenching*).

Proses *quenching* ada dua jenis yaitu *internal quenching* dapat dilakukan dengan menambahkan gas *quenching* ke dalam tabung detektor sekitar 1-10 % misalnya gas bromine dan *external quenching* dengan menambahkan rangkaian resistor dan kapasitor pada sinyal luaran detektor yang disebut *passive quenching*.

Passive quenching pada rangkaian aplikasi detektor Geiger Mueller dengan dua metoda untuk pengambilan sinyal luaran yaitu melalui katoda dan anoda seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Keterangan:

R_1 = resistor anoda C_s = *stray capacitance*
 R_2 = resistor katoda C_d = kapasitansi detektor
 R_3 = resistor pembagi C_b = kapasitan penghalang

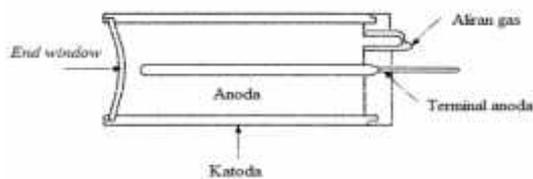
Gambar 1. Rangkaian aplikasi detektor Geiger Mueller^[1,2]

Adanya peristiwa *avalanche* di dalam tabung detektor Geiger Mueller akan mengakibatkan

peristiwa lucutan yang tak terkendali atau *discharge* akan menyebabkan detektor Geiger Mueller cepat rusak. Proses *discharge* ini, harus “didinginkan secara tiba-tiba” (*quenching*). Bentuk rangkaian pengendali tegangan anoda agar tidak terjadi *discharge* di sepanjang kawat anoda dilakukan dengan penambahan komponen resistor R_2 yang nilainya antara orde puluhan mega Ohm yang disebut sebagai *passive quenching*. Dalam konstruksinya sangat sensitif terhadap timbulnya efek *stray capacitance* yaitu Cs_2 , Cs_3 dan Cs_4 . Efek *stray capacitance* sangat berpengaruh terhadap penurunan kinerja detektor Geiger Mueller diantaranya daerah tegangan *plateau* pendek^[1].

Bentuk Pulsa Detektor Geiger Mueller

Detektor Geiger Mueller berbentuk silinder yang diisi gas dan mempunyai dua elektroda. Dinding tabung yang dipakai sebagai elektroda negatif (katoda). Kawat di tengah tabung berfungsi sebagai elektroda positif (anoda). Kedua elektroda berfungsi sebagai keping-keping kapasitor. Secara skematis detektor Geiger Mueller tipe *end window* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema detektor Geiger Mueller tipe *end window*^[1]

Apabila kapasitas dari kapasitor adalah C dan beda potensial antara kedua elektrodanya adalah sebesar sumber tegangannya V , maka muatan listrik Q yang disimpan dalam kapasitor^[5,7] adalah

$$Q = CV \quad (1)$$

Masuknya radiasi ke dalam tabung detektor menyebabkan terbentuknya pasangan ion. Ion positif akan tertarik ke katoda dan ion negatif tertarik ke anoda. Berkumpulnya ion negatif di anoda, maka akan terjadi pengurangan muatan listrik pada masing-masing elektroda. Jika N menyatakan jumlah pasangan ion yang terbentuk dan e adalah muatan elektron ($1,6 \times 10^{-19}$ C). Penurunan jumlah muatan itu, mengakibatkan penurunan tegangan antara kedua elektroda, yang dirumuskan dalam persamaan (2):

$$\Delta V = \frac{N \cdot e}{C} \quad (2)$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa penurunan tegangan sebanding dengan pasangan ion yang terbentuk, sedang jumlah pasangan ion itu sendiri bergantung pada jenis dan energi radiasi yang ditangkap detektor. Perubahan tegangan itu akan

mengakibatkan terjadinya pulsa listrik (denyut listrik) yang dapat diubah menjadi angka-angka hasil cacahan radiasi.

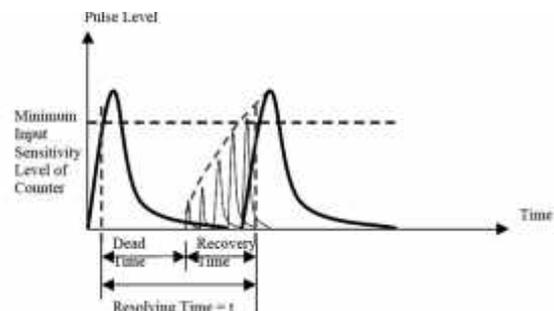
Hal mendasar dalam proses pembentukan pulsa tergantung pada nilai konstanta waktu dari rangkaian pengukur. Konstanta waktu diberikan oleh R dan C , atau $= RC$ ^[6]. Jika konstanta waktu RC kecil ($\ll t$), maka konstanta waktu (τ) dari rangkaian luar yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu pengumpul muatan (tc) menyebabkan arus yang mengalir menuju resistansi beban R sama dengan arus yang mengalir ke dalam detektor. Waktu pengumpul muatan (tc) dapat dirumuskan dalam persamaan (3).

$$t = \frac{(b^2 - a^2) P \ln(b/a)}{2V \mu_{mb}} \quad (3)$$

dengan t atau tc waktu pengumpul muatan, a adalah jari-jari anoda, b adalah jari-jari katoda, V adalah tegangan antara elektroda, P adalah tekanan gas dan μ_{mb} adalah mobilitas elektron atau ion positif.

Jika RC besar ($\gg tc$) maka secara umum detektor dioperasikan dalam keadaan yang berlawanan, dimana konstanta waktu dari rangkaian luar lebih besar dari waktu pengumpul muatan dalam detektor. Arus yang sangat kecil akan mengalir dalam resistansi beban selama waktu pengumpul muatan dan arus detektor bergabung sesaat dalam detektor

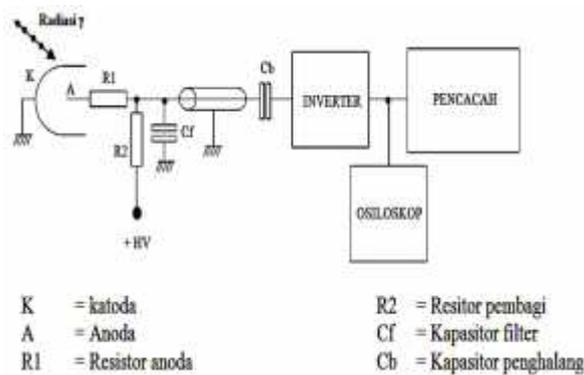
Detektor Geiger Mueller mempunyai sifat yaitu pulsa listrik yang dihasilkan mempunyai tinggi dan besar yang sama. Tinggi pulsa tidak tergantung kepada jenis dan energi partikel yang dideteksi. Pelepasan muatan dalam tabung detektor menyebabkan terbentuknya muatan ruang ion positif di sekitar kawat anoda. Adanya muatan ruang menyebabkan kuat medan listrik pada daerah menurun. Dalam keadaan ini detektor tidak dapat mendeteksi adanya radiasi yang datang, dan tidak menghasilkan pulsa luaran. Waktu dimana detektor tidak dapat mendeteksi radiasi yang datang disebut waktu mati (*dead time*). Secara grafik waktu mati detektor Geiger Mueller seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk pulsa luaran detektor Geiger Mueller tipe *end window*^[5,6]

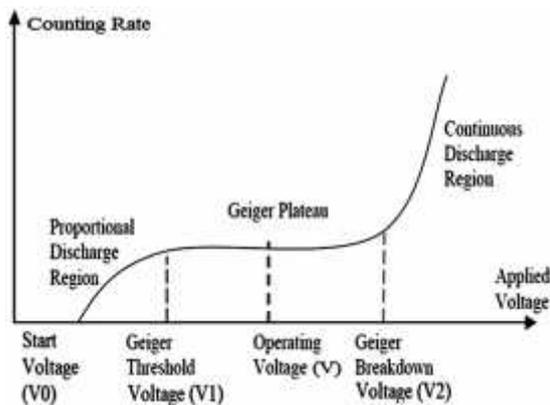
TATA KERJA

Rangkaian uji aplikasi detektor Geiger Mueller yang digunakan dengan sinyal luaran detektor dari anoda seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Eksperimental *set up* menggunakan detektor Geiger Mueller seri ZP 1430, tipe *end window* dengan gas isian halogen buatan pabrik Phillips, selanjutnya menghubungkan sinyal luaran anoda dengan resistor anoda (R_1) dengan nilai 10 M Ω , 20 M Ω , 30 M Ω , 40 M Ω , 50 M Ω dan 60 M Ω sebagai rangkaian *passive quenching*. Dengan menggunakan sumber radiasi γ Cs-137 dengan aktivitas 10 μ Ci dan, selanjutnya dilakukan uji pencacahan sebagai fungsi bias tegangan detektor (HV). Hasil pencacahan dibuat kurva karakteristik detektor Geiger Mueller yang meliputi panjang daerah tegangan *plateau*, tegangan ambang dan tegangan operasi detektor.



Gambar 4. Eksperimental set up uji detektor Geiger Mueller tipe *end window*

Kurva karakteristik detektor Geiger Mueller dapat dilihat dari grafik hubungan antara tegangan (volt) dengan jumlah Cacah Per Menit (CPM) ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva karakteristik detektor Geiger Mueller [5]

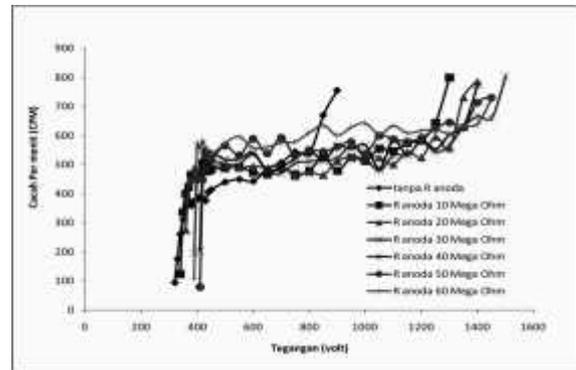
Secara garis besar, nilai panjang *plateau* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (4) [5].

$$\text{Panjang Plateau}(P) = V_2 - V_1 \quad (4)$$

Perubahan efek *stray capacitance* dapat dilakukan dengan memvariasi nilai *stray capacitance* (Cs_3) seperti ditunjukkan pada Gambar 1. dengan nilai kapasitan 100 pF, 200 pF dan 500 pF yang selanjutnya diamati bentuk pulsa detektor dengan menggunakan osiloskop serta diamati lebar waktu mati (*dead time*) detektor Geiger Mueller.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik detektor Geiger Mueller dari hasil pencacahan dari sumber radiasi Cs 137 10 μ Ci dengan variasi tambahan resistor anoda (R_1) yang dihubungkan pada rangkaian luaran anoda dengan nilai 10 M Ω , 20 M Ω , 30 M Ω , 50 M Ω dan 60 M Ω sebagai *passive quenching* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 5. Karakteristik detektor Geiger Mueller dengan variasi nilai resistor 10 Mh, 20 Mh, 30 Mh dan 60 Mh

Dari Gambar 5 dapat dihitung panjang daerah tegangan *plateau*, tegangan operasi dan *slope* % per 100 volt disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan panjang daerah tegangan *plateau*, *slope* dan tegangan operasi untuk variasi resistor anoda

No.	Resistor (M Ω)	Panjang plateau (volt)	Tegangan Operasi (volt)	Slope % Per 100 volt
1.	Tanpa resistor	(800 - 360) \pm 0,1	580	16,10 \pm 2,59
2.	10	(1200 - 420) \pm 0,1	810	1,58 \pm 0,22
3.	20	(1200 - 410) \pm 0,1	805	12,06 \pm 4,32
4.	30	(1300 - 410) \pm 0,1	835	1020 \pm 0,46
5.	40	(1300 - 410) \pm 0,1	855	2,50 \pm 0,33
6.	50	(1350 - 430) \pm 0,1	890	6,20 \pm 0,24
7.	60	(1400 - 400) \pm 0,1	700	2,27 \pm 0,35

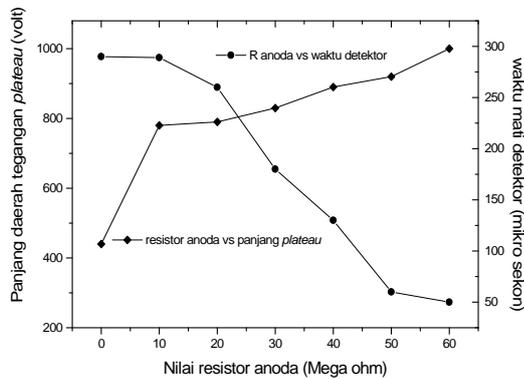
Hasil pengukuran dengan menggunakan osiloskop untuk mengetahui efek *stray capacitance* terhadap waktu mati (*dead time*) detektor Geiger

Mueller dengan perubahan nilai resistor anoda ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran waktu mati detektor

No.	Nilai resistor anoda (MΩ)	Waktu mati (<i>dead time</i>) (μs)
1.	Tanpa resistor anoda	290
2.	10 MΩ	289
3.	20 MΩ	260
4.	30 MΩ	180
5.	40 MΩ	130
6.	50 MΩ	60
7.	60 MΩ	50

Kinerja detektor yang baik ditunjukkan dengan daerah tegangan *plateau* antara 400 volt – 1400 volt dan *slope* $2,27 \pm 0,35$ % per 100 volt serta mempunyai efisiensi pencacahan yang lebih besar. Hubungan perubahan nilai resistor anoda terhadap panjang daerah tegangan *plateau* dan waktu mati detektor ditunjukkan pada Gambar 6.

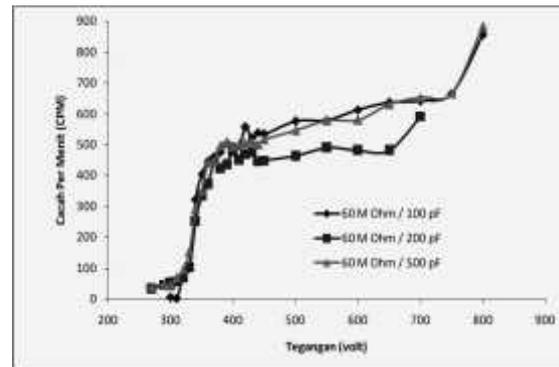


Gambar 6. Kurva hubungan nilai resistor anoda terhadap panjang daerah tegangan plateau dan waktu mati detektor

Dari Gambar 6. terlihat bahwa semakin besar nilai resistor anoda semakin besar panjang daerah tegangan *plateau* yang optimum dan semakin turun waktu mati detektor. Disamping itu penambahan resistor anoda (R_1) sebagai *passive quenching* dapat membantu dalam pengendalian proses *discharge* di dalam tabung detektor sehingga umur detektor akan lebih panjang.

Untuk mengetahui efek *stray capacitance* didasarkan rangkaian aplikasi detektor Geiger Mueller dengan resistor anoda 60 MΩ dilakukan simulasi penambahan nilai kapasitor dengan 100 pF, 200 pF dan 500 pF. Selanjutnya dilakukan pencacahan sebagai fungsi tegangan bias detektor sehingga diperoleh kurva karakteristik detektor Geiger Mueller seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Dari Gambar 7 dapat diketahui perhitungan panjang daerah tegangan *plateau* dan *slope* untuk variabel

nilai kapasitor yang hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

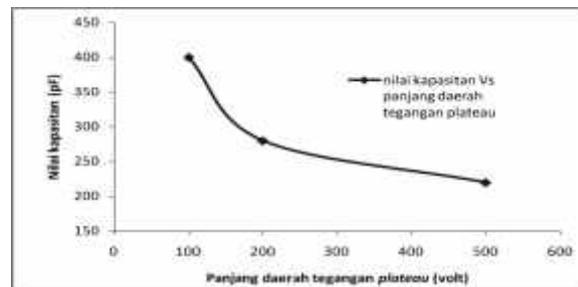


Gambar 7. Kurva karakteristik detektor Geiger Mueller dengan perubahan apasitor 100 pF, 200 pF dan 500 pF

Tabel 3. Hasil perhitungan panjang plateau dan slope untuk variabel nilai kapasitor

No.	Kapasitor (pF)	Tegangan Operasi (volt)	Panjang plateau (volt)	Slope (% per 100 volt)
1.	100	550	400 ± 0,1	7,18 ± 2,48
2.	200	510	280 ± 0,1	9,19 ± 1,58
3.	500	490	220 ± 0,1	12,27 ± 0,32

Hubungan perubahan nilai kapasitan mulai dari 100 pF, 200 pF dan 500 pF terhadap panjang daerah tegangan *plateau* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva hubungan kapasitan terhadap panjang daerah tegangan plateau

Dari Gambar 7 terlihat bahwa perubahan nilai kapasitansi pada rangkaian aplikasi detektor semakin besar antara 100 pF sampai 500 pF pada kondisi nilai resistor 60 MΩ maka kinerja detektor Geiger Mueller menurun dengan perubahan daerah tegangan *plateau* semakin pendek. Hal ini tidak diinginkan untuk karakteristik detektor Geiger Mueller karena semakin pendek daerah tegangan *plateau* maka umur detektor semakin pendek. Dengan demikian bahwa efek *stary capacitance* sangat berpengaruh terhadap karaktristik detektor Geiger Mueller jenis gas isian halogen^[3].

Berdasarkan teori bahwa perubahan nilai konstanta waktu RC sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan pulsa detektor. Jika nilai konstanta waktu RC besar dibutuhkan waktu

pengumpulan muatan yang lama dan waktu mati detektor akan menjadi lama. Karakteristik detektor Geiger Mueller yang baik jika mempunyai waktu mati yang pendek. Untuk detektor ini mempunyai karakteristik yang optimum dengan waktu mati yang pendek yaitu 50 μ s dengan penambahan nilai komponen resistor anoda 60 M Ω .

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Drs.BA. Tjipto Sujitno, MT dan Sumarmo serta Irma Safitri mahasiswa Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta atas segala bantuan yang telah diberikan

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian efek *stray capacitance* terhadap karakteristik detektor Geiger Mueller tipe *end window* jenis gas halogen dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik detektor Geiger Mueller tipe *end window* yang optimum dengan panjang daerah tegangan plateau antara 400 volt–1400 volt, slope $2,27 \pm 0,35$ % per 100 volt diperoleh dengan penambahan resistor anoda pada 60 M Ω sebagai *passive quenching*.
2. Semakin besar perubahan nilai resistor anoda mulai dari 10 M Ω - 60 M Ω berpengaruh terhadap perubahan waktu mati (*dead time*) detektor semakin kecil yaitu 289 μ s menjadi 50 μ s.
3. Efek *stray capacitance* dengan perubahan 100 pF, 200 pF dan 500 pF berpengaruh terhadap penurunan kinerja detektor dengan semakin kecil daerah tegangan plateau yaitu 550 volt, 510 volt dan 490 volt.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. *Introduction Geiger Mueller Tube*, Available from: www.centronic.co.uk/./Geiger_Tube_theory.pdf Diakses April 2012
2. O. VAGLE, O. OLSEN, GA.JOHANSEN., (2007), *A Simple and Efficient active Circuit for*

Geiger Mueller Counters, Roxar Flow Measurement, P.O.Box 112, N-4065 Stavanger, NORWAY,

3. LINGGOATMOJO, KRISONO,(1982), *Sistem Pencacah Radiasi*. PPGH KEIN, PPBMI-PUSDIKLAT BATAN.
4. NICHOLAS TSOULFANIDIS., (1983), *Measurement and Detection of Radiation*, University of Missouri-Rolla, New York USA, 169-177.
5. NILA PURNAMASARI., (2012), *Pengaruh Diameter Katoda Terhadap Karakteristik Detektor Geiger-Mueller Tipe End Window*, Universitas Jendral Sudirman, Purwokerto
6. SITORUS, JUANTO., (1992), *Pengaruh Resistor-Kapasitor Terhadap Karakteristik Detektor Geiger Muller*. Pekanbaru: Universitas Riau.
7. SYED NAEEM AHMED., (2007), *Physics and Engineering of Radiation Detection*, Queen's University, Kingston, Ontario, Academic Press is an Imprint of Elsevier, Hal. (119-212).

TANYA JAWAB

Yunanto

- Apa pengaruh *stray capacitance* terhadap kinerja detektor?
- Bagaimana mengatasinya?

Irianto

- Efek *stray capacitance* menyebabkan penurunan kinerja dari detektor yaitu daerah tegangan plateau pendek, dan peningkatan waktu mati (*dead time*) sehingga umur detektor menjadi relatif pendek.
- Efek *stray capacitance* ini tidak sepenuhnya dapat dieliminasi sehingga cara mengatasinya dapat dilakukan dengan cara perubahan resistor dalam orde mega ohm pada aterminal luar dari anoda sebagai rangkaian *passive quenching*.