



PENGARUH DIAMETER TABUNG KATODA TERHADAP KARAKTERISTIK DETEKTOR GEIGER MUELLER TIPE *END WINDOW*

Irianto, Emy Mulyani, Sumarmo

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, BATAN, Yogyakarta
irianto57@yahoo.com

ABSTRAK

PENGARUH DIAMETER TABUNG KATODA TERHADAP KARAKTERISTIK DETEKTOR GEIGER MUELLER TIPE *END WINDOW*. Telah dilakukan pembuatan detektor Geiger Mueller tipe end window dengan diameter anoda 0,5 mm, tebal jendela (window) detektor 0,1 mm dan variasi diameter katoda dengan ukuran masing-masing 11 mm, 16 mm dan 22 mm. Selanjutnya dilakukan karakterisasi pengaruh variasi ukuran diameter tabung sebagai katoda terhadap karakteristik detektor Geiger Mueller tipe end window. Hasil karakterisasi diperoleh tegangan ambang masing-masing 580 volt, 790 volt, 1053 volt, panjang daerah tegangan plateau masing-masing 40 volt, 120 volt, 100 volt, dan tegangan operasi direkomendasikan masing-masing 620 volt, 860 volt, 1110 volt. Dari hasil penelitian pengaruh variasi ukuran diameter tabung sebagai katoda terhadap karakteristik detektor Geiger Mueller tipe end window dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran diameter tabung sebagai katoda akan semakin kuat medan listrik yang dibutuhkan sehingga terjadi perubahan tegangan ambang, tegangan operasi semakin besar.

Kata kunci : diameter katoda, slope, tegangan ambang, tegangan plato

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIAMETER TUBE CATHODE ON CHARACTERISTICS OF GEIGER MUELLER DETECTOR *END WINDOW* TYPE. The Manufacturing of end window Geiger Mueller detector with 0.5 mm diameter anode, 0.1 mm thick of windows and various diameters of cathode (11 mm, 16 mm and 22 mm) have been done. After the manufacturing process, and then carried out to characterize and study the influence of variations in the diameter of the tube as a cathode on the characteristics of Geiger Mueller detectors end window type. From the characterization results obtained threshold voltage of each 580 volt, 790 volt and 1053 volt, long plateau voltage region of each 40 volt, 120 volt, 100 volt, and recommended operating voltage of each 620 volt, 860 volt, 1110 volt. From the research the influence of variations in the diameter of the tube as a cathode on the characteristics of Geiger Mueller detector end window type can be concluded that the larger of diameter of the tube as a cathode, the larger electric field strength needed so the threshold voltage changed and required the greater operating voltages.

Keywords: cathode diameter, threshold voltage, the plateau voltage

PENDAHULUAN

Sejak ditemukan detektor radiasi pion oleh Hans Geiger pada tahun 1908, dan selanjutnya pada tahun 1928 oleh Walther Mueller,

disempurnakan menjadi tabung detektor Geiger-Mueller (GM) yang konstruksinya lebih sederhana bila dibandingkan dengan jenis detektor yang lain. Sampai saat ini, detektor Geiger-Mueller masih



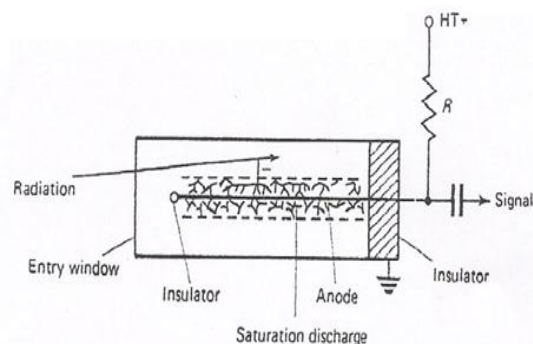
PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

banyak digunakan sebagai alat ukur radiasi dalam pemanfaatan iptek nuklir di berbagai bidang seperti energi, kesehatan, industri, lingkungan dan pendidikan yang melibatkan berbagai zat radioaktif^[1,4]. Pada prinsipnya pendeteksian dan pengukuran radiasi dengan menggunakan alat ukur radiasi bekerja berdasarkan interaksi radiasi nuklir dengan medium detektor. Hasil interaksinya akan menimbulkan gejala fisis yang mudah untuk diamati dan diteliti. Setiap alat ukur radiasi selalu dilengkapi dengan detektor yang mampu mengenali adanya radiasi. Apabila radiasi melewati bahan suatu detektor, maka akan terjadi interaksi antara radiasi dengan bahan detektor tersebut atau terjadi pemindahan energi dari radiasi yang datang ke bahan detektor^[3]. Perpindahan energi ini menimbulkan berbagai jenis tanggapan (*response*) yang berbeda-beda dari bahan detektor tersebut. Jenis tanggapan yang ditunjukkan oleh suatu detektor terhadap radiasi tergantung pada jenis radiasi dan bahan detektor digunakan untuk dasar dalam litbang pembuatan detektor Geiger-Mueller. Di PTAPB-BATAN Yogyakarta penelitian pembuatan detektor Geiger-Mueller telah dilakukan beberapa dekade yang lalu, namun unjuk kerja masih perlu ditingkatkan. Permasalahan yang selalu muncul dalam teknik membuat detektor Geiger-Mueller selama ini adalah bahwa mempunyai umur relatif pendek, panjang *plateau* pendek, *slope* daerah tegangan operasi besar, tegangan operasi tinggi. Kelemahan tentunya merupakan tantangan yang harus dicari solusinya. Umurnya pendek tersebut dimungkinkan karena adanya kebocoran sistem sambungan antara katode dan anode, tegangan operasi tinggi dimungkinkan tidak tepatnya pemilihan jenis gas isian ataupun perbandingan tekanan total gas isian dan bentuk geometri tabung. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, selanjutnya dalam penelitian ini dilakukan perancangan dalam pembuatan detektor Geiger-Mueller yang bertujuan untuk peningkatan spesifikasi kinerja detektor. Dalam kegiatan peningkatan kinerja detektor Geiger Mueller tipe *end window* dilakukan penelitian dengan memperhatikan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik detektor di antaranya bentuk geometri tabung detektor. Bentuk geometri tabung detektor diwujudkan dalam bentuk variasi ukuran diameter tabung sebagai katoda. Untuk selanjutnya dilakukan uji karakteristik

detektor Geiger-Mueller melalui dua tahapan yaitu pertama uji respon detektor terhadap radiasi yang masuk ke dalam tabung detektor. Jika detektor tersebut dapat membedakan suatu intensitas radiasi yang datang segera dilakukan pemotongan tabung detektor dengan alat las gelas. Kedua dilakukan uji karakteristik detektor Geiger-Mueller meliputi tegangan ambang, panjang daerah tegangan *plateau*, dan penentuan tegangan operasi. Dari hasil penelitian diperoleh prototipe detektor Geiger-Mueller dengan ukuran diameter tabung sebagai katoda yang optimum dengan tegangan ambang, panjang daerah tegangan *plateau*, dan tegangan operasi yang lebih baik.

Dasar Teori Detektor Geiger-Mueller

Detektor Geiger Mueller merupakan jenis detektor isian gas yang paling banyak digunakan untuk mengukur radiasi. Detektor ini terdiri atas dua elektroda, positif dan negatif, serta berisi gas di antara kedua elektrodanya. Elektroda positif, yang disebut anoda, dihubungkan ke kutub listrik positif, sedangkan elektroda negatif, yang disebut katoda, dihubungkan ke kutub negatif. Detektor ini biasanya berbentuk silinder dengan sumbu yang berfungsi sebagai anoda dan dinding silindernya sebagai katoda. Ditinjau dari jendela tempat masuk zarah radiasi, terdapat dua jenis detektor Geiger Mueller yaitu jendela samping (*side window*) dan jendela ujung (*end window*). Skema jenis detektor Geiger Mueller *end window* seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Kreteria rancangan detil dalam pembuatan detektor Geiger Mueller *end window* harus memperhatikan parameter-parameter yang ada di dalamnya yaitu : geometri tabung detektor, tekanan gas isian, jenis bahan katoda dan anoda, jenis gas isian, dan temperatur^[1]. Dalam penelitian ini diamati pengaruh diameter terhadap karakteristik detektor Geiger Mueller tipe *end window*.

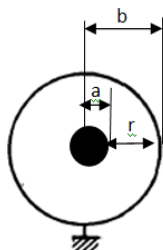


Gambar 1. Skema detektor Geiger Mueller tipe *end window*^[4]

Geometri tabung detektor Tabung detektor yang dibuat berbentuk silinder dengan anoda



dipasang konsentris terhadap tabung katodanya. Pada detektor Geiger-Mueller faktor geometri yang dimaksud adalah diameter tabung. Jari-jari tabung bagian luarnya (katode) adalah b dan jari-jari kawat yang terbentang di bagian dalam (anode) adalah a . Dengan r adalah jari-jari tabung antara a dan b atau $a < r < b$. Untuk lebih jelasnya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema medan listrik dalam jari-jari tabung (r) antara a dan b

Untuk detektor yang berbentuk silinder dengan pusat muatan adalah poros silinder dan jari-jari r serta beda potensial sebesar V pada jarak r , maka garis gaya yang menembus seluruh selimut silinder akan berbanding lurus dengan kuat medan listriknya $E_{(r)}$ yang dinyatakan dalam persamaan (1) [1,2,3,4].

$$E_{(r)} = \frac{V_{(r)}}{r \ln\left(\frac{b}{a}\right)} \quad (1)$$

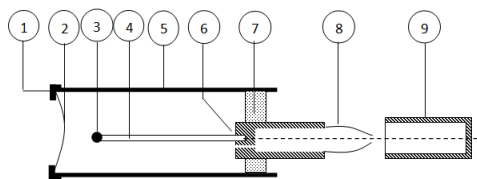
Pada Gambar 3. ditunjukkan bahwa besar kecilnya tegangan operasi bergantung pada diameter katoda yang digunakan. Apabila diameter katoda yang digunakan berukuran kecil, maka tegangan operasi yang dibutuhkan juga kecil, sedangkan untuk diameter katoda dengan ukuran besar secara otomatis membutuhkan tegangan operasi yang besar.

TATA KERJA

Detektor Geiger Mueller tipe *end window* yang dibuat direncanakan untuk mendeteksi radiasi γ , dengan isian gas 99 % argon dan 1 % bromine. Sebagai bahan katode digunakan bahan pipa *stainless steel* dengan variasi ukuran diameter masing-masing 11 mm, 16 mm dan 22 mm, sedangkan sebagai anode digunakan kawat tungsten dengan ukuran diameter 0,05 mm. Bentuk skema tabung detektor Geiger Mueller tipe *end window* yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.

Untuk perakitan tabung detektor Geiger Mueller tipe *end window* apabila komponen tersebut pada kondisi bersih dari kotoran dan minyak yang menempel. Proses selanjutnya dilakukan pemvakuman tinggi yang bertujuan untuk menjaga kebersihan dan

kemampuan tabung detektor jika diisi dengan gas isian serta bahan *window* agar tidak terjadi kerusakan pada saat menahan perbedaan tekanan yang terjadi antara tekanan vakum dalam tabung detektor dan tekanan atmosfer. Jika tingkat kevakuman akhir dicapai dalam orde 10^{-6} torr, maka dilakukan proses pengisian gas isian dengan perbandingan gas 99 % argon dan 1 % bromine dengan tekanan total 20 cmHg.

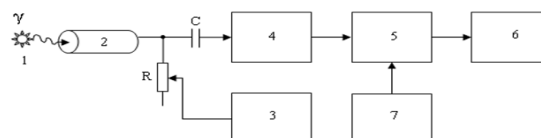


Keterangan gambar :

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Ring Penutup <i>mica window</i> | 6. Sistem terminal anoda |
| 2. <i>Mica window</i> detektor | 7. Tutup keramik |
| 3. Bahan isolator berbentuk bulat | 8. Sistem aliran gas isian |
| 4. Kawat anoda | 9. Tutup pelindung pipa gelas |
| 5. Katoda <i>stainless steel</i> | |

Gambar 3 : Skema tabung detektor Geiger Mueller tipe *end window*

Apabila kondisi gas isian di dalam tabung homogen maka dilakukan pengujian awal digunakan untuk mendeteksi sumber γ . Perangkat uji detektor Geiger Mueller yang terdiri sistem modul *inverter* untuk pembalik pulsa negatif menjadi positif, modul pewaktu (*timer*) untuk mengatur waktu pencacahan, modul pencacah untuk mencacah pulsa yang masuk, modul tegangan tinggi (*HV*) untuk memberi catu daya ke tabung detektor Geiger Mueller dan osiloskop untuk melihat bentuk pulsa detektor seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Keterangan :

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Sumber radiasi | 5. Pencacah (<i>counter</i>) |
| 2. Detektor Geiger-Mueller tipe <i>end window</i> | 6. Osiloskop |
| 3. Sumber tegangan tinggi | 7. Pengala (<i>Timer</i>) |
| 4. Pembalik pulsa (<i>Inverter</i>) | |

Gambar 4. Skema alat uji detektor Geiger Mueller

Detektor Geiger Mueller yang diuji telah memberikan respon ada dan tidak adanya radiasi serta ditinjau dari tegangan awal dan panjang *plateau* dinyatakan baik, selanjutnya tabung detektor Geiger Mueller dipotong. Hasil dari pemotongan tabung detektor Geiger Muellerselanjutnya diuji ulang. Parameter-parameter uji ulang meliputi tegangan ambang, panjang daerah tegangan *plateau* dan penentuan tegangan operasi detektor yang direkomendasikan. Untuk Proses terakhir dilakukan pemasangan terminal luaran dengan konektor BNC.

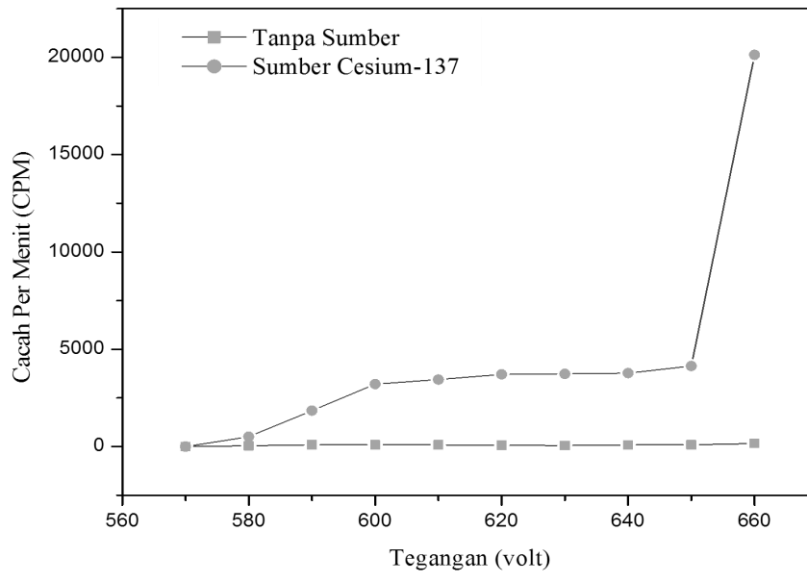


HASIL DAN PEMBAHASAN

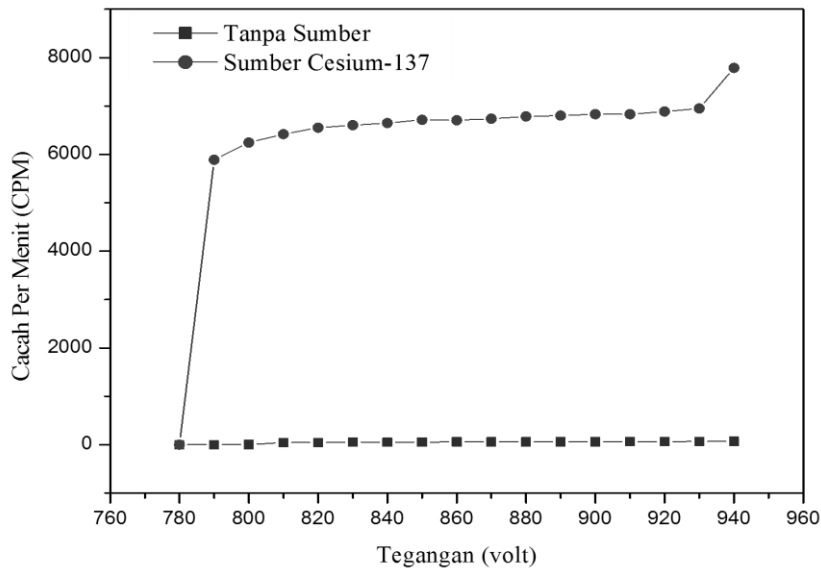
Untuk konstruksi dan perakitan bahan *window* detektor Geiger Mueller diperlukan ketelitian, disebabkan permukaan bahan *window* sangat licin, dan dimungkinkan tidak melekatnya lem yang digunakan merata kepermukaan *window* detektor, sehingga dimungkinkan masih ada lubang kecil yang menyebabkan kebocoran tabung. Dalam pembuatan tabung detektor Geiger Mueller tipe *end window* dibuat dari bahan *stainless steel* sebagai

katode dan tungsten sebagai anoda serta menggunakan bahan *window* mika *sheet* 0,03 mm. Proses selanjutnya dilakukan pengisian gas dengan perbandingan 99 % argon dan 1 % bromine sebagai *quenching* pada tekanan gas isian total 20 cmHg dan 15 cmHg.

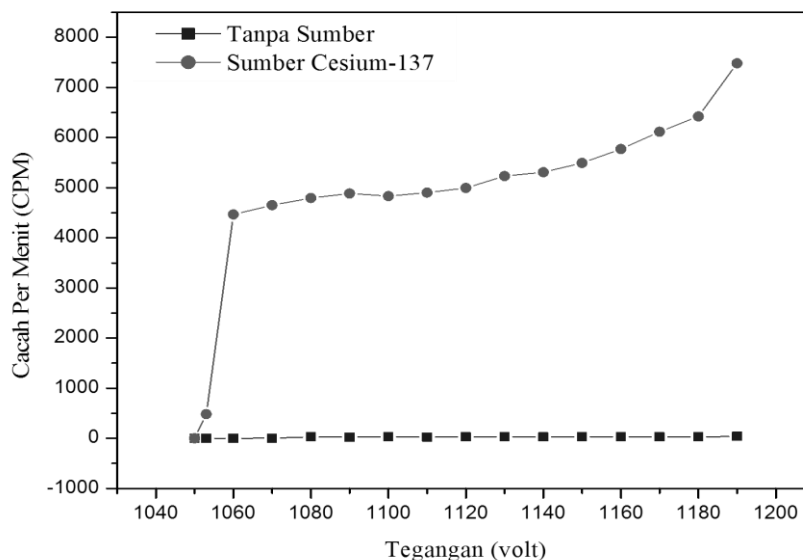
Uji awal detektor Geiger Mueller tipe *end window* yang dibuat untuk mengetahui sejauh mana detektor yang dibuat dapat mendeteksi adanya radiasi jenis γ ditunjukkan pada Gambar 5., Gambar 6., dan Gambar 7.



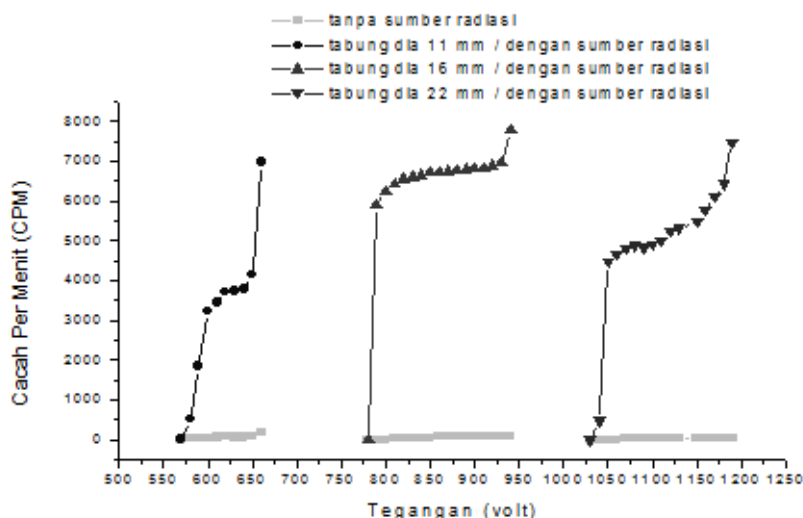
Gambar 5. Karakteristik uji awal detektor Geiger Mueller tipe *end window* dengan ukuran tabung diameter 11 mm



Gambar 6. Karakteristik uji awal detektor Geiger Mueller tipe *end window* dengan ukuran tabung diameter 16 mm



Gambar 7. Karakteristik uji awal detektor Geiger-Mueller tipe *end window* dengan ukuran tabung diameter 22 mm



Gambar 8. kurva hubungan cacah per menit terhadap perubahan tegangan detektor Geiger Mueller dengan ukuran diameter (11mm, 16 mm , 22 mm)

Hasil uji akhir karakteristik detektor Geiger Mueller tipe *end window* ukuran diameter masing-masing 11 mm, 16 mm dan 22 mm dengan parameter pengamatan dalam bentuk hubungan perubahan tegangan (volt) terhadap Cacah Per Menit (CPM) yang ditunjukkan seperti pada Gambar 8.

Pada Gambar 8. terlihat bahwa detektor Geiger Mueller tipe *end window* dengan variasi ukuran diameter katoda (11 mm, 16 mm dan 22 mm) mempunyai karakteristik tegangan ambang masing-masing 580 volt, 790 volt, 1053 volt, panjang daerah tegangan *plateau* masing-masing 40 volt, 120 volt, 100 volt, dan tegangan operasi

direkomendasikan masing-masing 620 volt, 860 volt, 1110 volt. Berdasarkan hasil dari ketiga detektor, panjang daerah tegangan *plateau* yang optimum pada diameter katoda 16 mm dengan nilainya sebesar 120 volt. Detektor dengan ukuran tabung diameter katoda 11mm memiliki *plateau* yang pendek yaitu 40 volt. Jika semakin pendek *plateau* yang diperoleh akan berpengaruh umur detektor semakin pendek dan sebaliknya jika *plateau* semakin panjang dimungkinkan umur detektor semakin panjang. Daerah tegangan *plateau* pendek pada tabung detektor berdiameter katoda 11 mm ini berhubungan dengan besarnya tekanan yang diisikan ke volume tabung dan jari-jari antara anoda



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

dan katoda. Pada persamaan (2) menunjukkan bahwa gerak elektron akan dipengaruhi oleh tekanan dan jari-jari (r) antara anoda dan katoda. Tekanan besar membuat volume tabung kecil (diameter katoda 11 mm) akan memiliki kerapatan yang besarsehinggagerak elektron akan terhambat oleh gas. Kerapatan yang besar membuat elektron terus menerus bertumbukan dengan gas sehingga elektron yang mencapai anoda sedikit dan pulsa yang dihasilkan juga kecil. Hal ini dapat dilihat pada data yang diperoleh di mana nilai cacahan pada diameter katoda 11 mm lebih kecil dari pada diameter katoda yang lain. Penumbukan elektron dengan gas yang terus menerus mengakibatkan gas-gas dalam tabung lama kelamaan habis sehingga detektor memiliki *plateau* yang pendek. Ketidak telitian dalam hal proses pengisian gas menyebabkan kekurangan atau kelebihan gas ketika pengisian gas ke tabung detektor. Apabila kekurangan gas Bromine maka akan mengakibatkan *plateau* menjadi pendek. Pendeknya *plateau* juga dipengaruhi oleh pemvakuman karena semakin kecil pemvakumannya maka semakin kecil tingkat kebersihan tabung dari molekul-molekul udara. Hal ini mengakibatkan gas-gas dalam tabung tercampur dengan molekul-molekul udara sehingga gasnya tidak murni. Ketidakmurnian gas dalam tabung dapat mempengaruhi pendeknya daerah tegangan *plateau*. Hasil dari pembuatan detektor diharapkan tegangan operasi yang direkomendasikan sekecil agar dapat menghemat listrik. Tegangan operasi yang rendah membutuhkan catu daya yang kecil, sehingga biaya operasinya lebih murah, praktis dan mudah dibawa ke mana-mana. Tegangan operasi yang paling kecil adalah 620 volt dan ini dicapai pada tabung detektor berdiameter katoda 11 mm, sedangkan tegangan operasi yang paling besar 1110 volt dicapai pada tabung detektor berdiameter katoda 22 mm.

Menurut E. Fenyves and O.Haiman^[2,5] pada persamaan (1) bahwa besar kecilnya tegangan operasi dipengaruhi oleh ukurandiameter tabung sebagai katoda. Besarnya ukuran diameter katoda maupun jari-jari (r) antara anoda dan katoda akan membutuhkan tegangan besar, sehinggakuat medan menjadi besar pula. Besar medan listrik tersebut menambah energi kinetik pasangan elektron-ion untuk menuju masing-masing elektroda. Sebaliknya, jari-jari sempit membutuhkan medan listrik yang kecil untuk menarik pasangan elektron ion ke masing-masing elektroda yaitu elektron akan tertarik ke anoda dan ion positif akan tertarik ke katoda.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pengaruh diameter tabung sebagai katoda terhadap karakteristik

detektor Geiger Mueller tipe end window dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik detektor Geiger Mueller tipe *end window* dengan variasi ukuran diameter 11 mm, 16 mm dan 22 mm diperoleh tegangan ambang masing-masing 580 volt, 790 volt, 1053 volt, panjang daerah tegangan *plateau* masing-masing 40 volt, 120 volt, 100 volt, dan tegangan operasi direkomendasikan masing-masing 620 volt, 860 volt, 1110 volt.
2. Semakin besar ukuran diameter tabung sebagai katoda akan semakin kuat medan listrik yang dibutuhkan sehingga terjadi perubahan tegangan ambang, tegangan operasi semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Drs.BA. Tjipto Sujitno, MT dan Sayono, ST serta Nila Purnamasari mahasiswa Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto atas segala bantuan yang telah diberikan

DAFTAR PUSTAKA

1. E. FEYVES AND O. HAIMAN, *The Physical Principles of Nuclear Radiation Measurement*, Academisi Kiado, Budapest, (1969) 219-235.
2. NICHOLAS TSOULFANIDIS, *Measurement and Detection of Radiation*, University of Missouri-Rolla, New York USA, (1983) 169-177.
3. PRICE, W.J., *Nuclear Radiation Detection*, second Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1964, Hal. 1-28, 41-49, 73
4. SYED NAEEM AHMED, *Physics and Engineering of Radiation Detection*, Queen's University, Kingston, Ontario, Academic Press is an imprint of Elsevier, (2007) Hal. (119-212)

TANYA JAWAB

Sukaryono

- Mengapa semakin besar kuat medan listrik dan tegangan operasi maka semakin besar pula terhadap perubahan diameter tabung sebagai katoda ?

Irianto

- ✧ Kuat medan listrik berbanding lurus terhadap tegangan sehingga terjadi perubahan ukuran diameter dibutuhkan tegangan semakin besar.