

PERBANDINGAN EFISIENSI DETEKTOR SINTILASI ORGANIK MENGGUNAKAN SINTILATOR ANTRASEN DAN NAFTALEN SERTA PENGARUH PENGGUNAAN KONTAK OPTIK TERHADAP EFISIENSI DETEKTOR PADA SPEKTROMETER BETA

Nur Indah Lestari, Evi Setiawati dan Very Richardina

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: Nurindahlestari@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Research has been done to improve the efficiency of the manufacturing scintillator detector in beta spectrometer. Detector efficiency is influenced by the type of scintillator, so that in this research will compare the efficiency of the detector using different types of organic scintillator. Scintillator used in this study are Anthracene and Naphthalene. In addition to comparing the efficiency of the scintillator, in this research will analyze the influence of the optical contact of silicone oil to the detector efficiency.

Research done by pressing stainless steel mold containing the powder scintillator Anthracene and Naphthalene. Pressure exerted is $86.6 \text{ kN} / \text{m}^2$. Naphthalene and Anthracene scintillator made some thickness variations, start from 1 mm to 5 mm with a range of 0.5 mm. Then do the enumeration given ^{137}Cs radiation source on the surface of the scintillator PMT (Photomultiplier Tube). To determine the effect of optical contact, given a silicone oil layer between the surface of the scintillator with PMT.

The results of the research showed that the efficiency of the detector with Scintillator Anthracene larger than the scintillator Naphthalene. Scintillator detector efficiency with Anthracene has a value of 99%, while the efficiency of the scintillator Naphthalene is 53.42%. Silicone oil as an optical contact effect on anthracene with thickness of 1 mm, while on the other the thickness of silicone oil had no effect. In Naphthalene, silicone oil effect on all thickness. It was seen from the increase of efficiency.

Keyword : beta spectrometer, Detector efficiency, organic scintillator, optical contact of silicone oil

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi detektor pada spektrometer beta. Efisiensi detektor salah satunya dipengaruhi oleh jenis sintilator, sehingga pada penelitian ini akan membandingkan efisiensi detektor menggunakan jenis sintilator organik yang berbeda. Sintilator yang digunakan pada penelitian ini adalah Antrasen dan Naftalen. Selain membandingkan efisiensi kedua sintilator, pada penelitian ini akan dianalisa pengaruh kontak optik minyak silikon terhadap efisiensi detektor.

Penelitian dilakukan dengan cara menekan cetakan stennles steel yang berisi serbuk sintilator Antrasen dan Naftalen. Besar tekanan yang diberikan adalah sebesar $86,6 \text{ kN}/\text{m}^2$. Sintilator Antrasen dan Naftalen dibuat beberapa variasi ketebalan, mulai dari 1 mm sampai 5 mm dengan rentang 0,5 mm. Kemudian dilakukan pencacahan sumber radiasi ^{137}Cs yang diberi sintilator pada permukaan PMT (Photomultiplier Tube). Untuk mengetahui pengaruh dari kontak optik, diberi lapisan minyak silikon antara sintilator dengan permukaan PMT.

Hasil dari penelitian diketahui bahwa nilai efisiensi detektor dengan sintilator Antrasen lebih besar dibandingkan dengan sintilator Naftalen. Efisiensi detektor dengan sintilator Antrasen memiliki nilai 99 % sedangkan efisiensi dengan sintilator Naftalen sebesar 53,42 %. Minyak silikon sebagai kontak optik berpengaruh pada Antrasen dengan ketebalan 1 mm, sedangkan pada ketebalan lain minyak silikon tidak berpengaruh. Pada Naftalen minyak silikon berpengaruh pada semua ketebalan. Itu terlihat dari terjadinya kenaikan efisiensi disetiap ketebalan sintilator Naftalen.

Kata kunci: Spektrometer Beta, Efisiensi Detektor, Sintilator Organik, Kontak Optik berupa Minyak Silikon..

PENDAHULUAN

Radiasi beta merupakan radiasi yang berasal dari peluruhan inti atom yang tidak stabil. Radiasi beta memiliki efek yang berbahaya bagi tubuh manusia. Salah satu alat yang digunakan untuk mendeteksi radiasi beta adalah spektrometer beta.

Pada spektrometer beta terdapat detektor sintilasi yang harus memiliki nilai efisiensi yang tinggi. Efisiensi merupakan kemampuan sintilator untuk mengubah radiasi yang datang menjadi foton cahaya. Efisiensi suatu detektor sintilasi salah satunya dipengaruhi oleh sintilator. Sintilator merupakan suatu bahan yang dapat menghasilkan kerlipan/sintilasi ketika dikenai radiasi. Terdapat dua jenis sintilator yaitu sintilator anorganik dan sintilator organik.

Alasan penggunaan bahan sintilator organik adalah pada sintilator organik tidak perlu menggunakan aktivator fluoresensi, sedangkan pada sintilator anorganik harus menggunakan aktivator tersebut. Bahan sintilator organik memiliki beda tegangan antara pita valensi dan pita konduksi antara 3 eV sampai 4 eV. Selain itu, alasan penggunaan sintilator organik adalah karena waktu tanggap yang sangat singkat yaitu kurang dari 10 ns sedangkan sintilator anorganik memiliki waktu tanggap lebih dari 1 ms.

Telah dilakukan penelitian sebelumnya tentang pembuatan detektor sintilasi pada spektrometer beta yang berasal dari bahan organik Antrasena dengan nilai efisiensi detektor sebesar $(8,8 \pm 0,5)\%$ untuk sumber ^{137}Cs pada ketebalan $157,49 \text{ mgr/cm}^2$ [10]. Sedangkan untuk bahan organik Naftalen diperoleh efisiensi detektor pada sumber ^{137}Cs sebesar $(6,7 \pm 0,2)\%$ pada ketebalan 687 gr/cm^2 [3].

Berdasarkan hasil penelitian tersebut terlihat bahwa nilai efisiensi detektor masih rendah baik bahan organik Antrasen maupun Naftalen, oleh karena itu akan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan efisiensi detektor kedua bahan sintilator tersebut serta pengaruh penggunaan minyak silikon sebagai kontak optik terhadap efisiensi detektor.

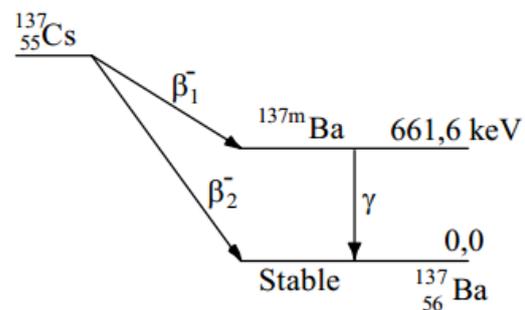
DASAR TEORI

Peluruhan Beta

Dalam peluruhan beta, sebuah proton berubah menjadi inti atau sebaliknya. Jadi Z (Nomor Atom) dan N (Neutron) masing-masing berubah satu satuan, tetapi A (Nomor Massa) tidak berubah. Pada peluruhan beta, yang paling utama adalah sebuah neutron meluruh menjadi sebuah proton dan sebuah elektron :



Ketika proses peluruhan ini pertama kali dipelajari, partikel yang dipancarkan disebut partikel beta, kemudian baru diketahui bahwa partikel itu adalah elektron. Contoh skema peluruhan beta yang kemudian diikuti peluruhan gamma pada ^{137}Cs dapat dilihat pada gambar 2.1 [6].



Gambar 1. Skema Peluruhan Beta ^{137}Cs [6].

Interaksi Beta dengan Materi

Interaksi antara radiasi β dengan materi melewati medan Coulomb. Ketika radiasi β mengenai suatu materi, elektron-elektron pada atom akan tertumbuk dan terlepas dari lintasannya. Apabila energi yang mengenai elektron rendah, maka elektron berpindah ke orbit yang lebih luar. Peristiwa tersebut dinamakan eksitasi. Radiasi β bermuatan listrik dan memiliki massa yang sangat ringan.

Gejala yang dapat diamati adalah timbulnya arus elektron dan pancaran cahaya dari materi. Besar arus elektron dan intensitas cahaya ditentukan berdasarkan pada energi radiasi β , jenis atom dan struktur atom dalam

bahan. Massa partikel β yang sangat ringan menyebabkan interaksi dengan materi lebih lemah dibandingkan dengan interaksi α . Partikel β harus bergerak dengan kecepatan yang lebih besar daripada kecepatan α yang mempunyai energi yang sama, karena massa partikel β lebih kecil dari partikel α [7].

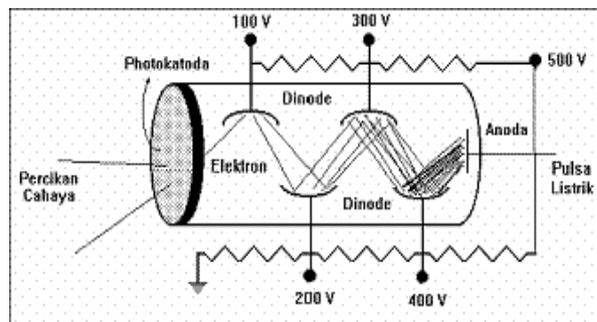
Spektrometer Beta

Pada rangkaian spektrometer Beta yang di dalamnya terdapat PMT (Photomultiplier Tube) sebagai pengganda elektron. Ketika radiasi mengenai detektor maka akan timbul kerlipan cahaya sehingga menyebabkan elektron terlepas dari fotokatoda. Pada PMT terdapat dinoda-dinoda yang akan menggandakan elektron tersebut. Tegangan positif diberikan kepada dinoda untuk memperbanyak cacah elektron. Cacah elektron diakumulasi sehingga mampu menghasilkan sinyal dalam bentuk pulsa muatan. Preamplifier akan mengubah pulsa muatan menjadi pulsa tegangan negatif. Kemudian amplifier akan memperkuat menjadi pulsa tegangan positif yang selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan Multi Chanel Analyzer (MCA) [4].

Cacah elektron yang berada di anoda belum sebanding dengan energi foton radiasi yang masuk karena tegangan yang digunakan tidak sesuai dengan tegangan yang diperlukan oleh PMT. Faktor lain adalah penggandaan elektron pada PMT sensitif terhadap perubahan tegangan tinggi [5].

Detektor Sintilasi

Detektor generasi lebih baru dibanding dengan detektor isian gas adalah detektor sintilasi. Detektor jenis ini menggunakan dasar efek sintilasi (kerlipan) apabila bahan sintilator dikenai suatu radiasi nuklir. Proses ini terutama disebabkan oleh proses eksitasi yang diikuti oleh deeksitasi. Semakin tinggi energi radiasi yang mengenainya semakin banyak elektron yang tereksitasi sehingga semakin banyak pula percikan cahaya yang dipancarkan seperti yang terlihat pada gambar 2.6 [11].



Gambar 2. Prinsip Detektor Sintilasi [2]

Efisiensi Detektor

Efisiensi merupakan perbandingan antara cacahan per satuan waktu yang dapat dihasilkan detektor dari sumber yang dicacah dengan peluruhan per satuan waktu yang sama yang berasal dari sumber yang sama dan dinyatakan dalam persen (%) [10].

$$\eta = \frac{Cps}{A \times fa \times Y} \times 100\% \quad (2)$$

dengan

η = Efisiensi Detektor (%)

A = Aktivitas Sumber (dps)

fa = faktor absorpsi diri

Y = Yield sumber ^{137}Cs adalah 92 %

Karakteristik Antrasen dan Naftalen

Antrasen merupakan jenis bahan organik yang memiliki rumus kimia $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ yang peka terhadap radiasi beta. Antrasen merupakan jenis bahan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan sintilator. Hal tersebut dikarenakan Antrasen memiliki efisiensi yang paling besar diantara bahan sintilator lainnya. Nilai efisiensi yang tinggi menjadikan Antrasen sebagai pembanding bahan sintilator lainnya [8].

Naftalen merupakan rangkaian hidrokarbon jenis aromatik, bahkan dapat disebut polyaromatik dengan struktur kimia berbentuk cincin benzena yang bersekutu dalam satu ikatan atau dua orto lingkaran benzena sehingga rumus kimianya menjadi C_{10}H_8 [1].

METODE PENELITIAN

Pembuatan Sintilator

Pembuatan sintilator dengan cara memberikan tekanan pada bubuk Antrasen dan Naftalen yang telah diletakkan pada cetakan stainless steel dengan tekanan 86,6 kN/m² dan ukuran diameter sintilator sama dengan PMT yaitu 4,2 cm.

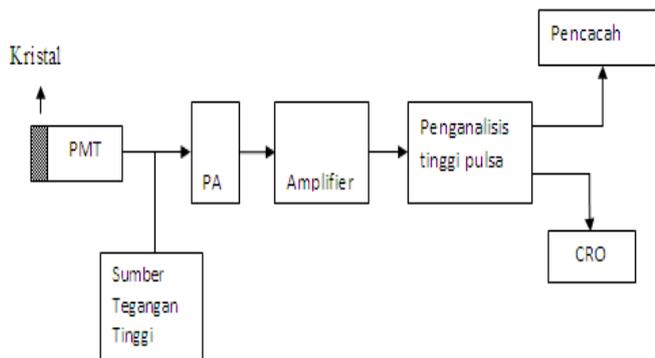
Untuk memperoleh sintilator dengan efisiensi tinggi maka digunakan variasi ketebalan sintilator untuk mendapatkan ketebalan optimum.

Pencacahan Sumber ¹³⁷Cs

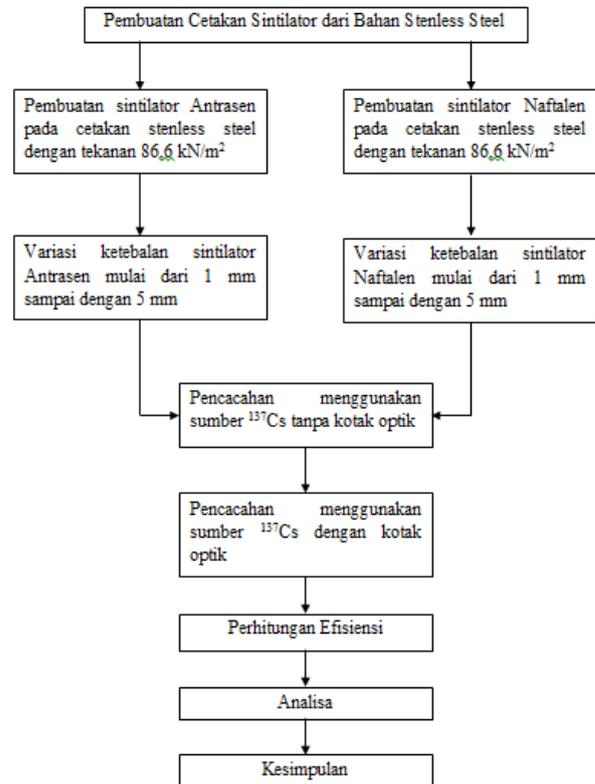
Hal yang pertama dilakukan adalah merangkai semua peralatan yang mendukung pengukuran yang terlihat pada gambar 3 dengan ketentuan yang telah diatur.

Pada penelitian ini dilakukan pencacahan dengan besar tegangan 800 volt. Penggunaan tegangan 800 volt disebabkan oleh spesifikasi dari detektor bekerja optimum pada tegangan 800 volt. Sebelum dilakukan pencacahan sumber ¹³⁷Cs, terlebih dahulu dilakukan cacah latar. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengetahui besar radiasi yang dihasilkan dari lingkungan sekitar.

Selanjutnya dilakukan pengukuran untuk masing-masing sumber radiasi β yaitu pada ¹³⁷Cs dengan waktu pencacahan sama untuk masing-masing ketebalan yaitu 1s sehingga diperoleh nilai cacah per sekon. Jarak sumber ¹³⁷Cs adalah 0,99 mm.



Gambar 3. Rangkaian Spektrometer [10] Diagram Blok Penelitian



Gambar 4. Diagram Blok Penelitian

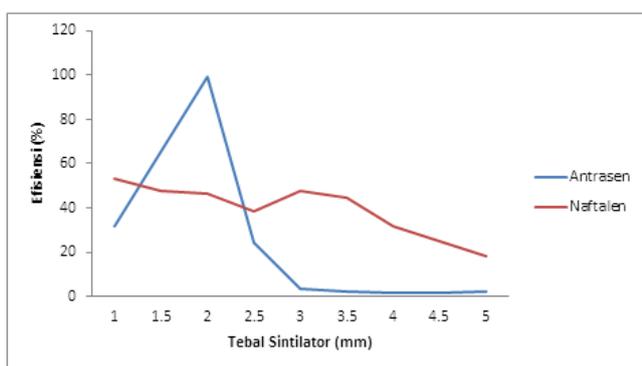
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Efisiensi Detektor Sintilasi Organik Menggunakan Sintilator Antrasen dan Naftalen

Berdasarkan gambar 5 nilai efisiensi sintilator Antrasen lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi sintilator Naftalen. Efisiensi sintilator Antrasen memiliki nilai 99 % sedangkan efisiensi sintilator Naftalen memiliki nilai 53,42 %. Hal itu disebabkan oleh perbedaan jenis material yang terkandung dalam bahan sintilator. Pada Antrasen material cenderung lebih padat dan kering sedangkan Naftalen material cenderung basah dan lembab. Namun keduanya memiliki kemampuan untuk menghasilkan sintilasi ketika dikenai cahaya, hal itu ditandai dengan terjadinya kenaikan cacahan pada saat diberi sintilator dibandingkan tanpa diberi sintilator.

Sintilator Antrasen merupakan salah satu material *polycrystalline* padat yang dapat menghasilkan floresensi. Sintilator organik berasal dari molekul organik dengan senyawa nyata yang simetris yang diketahui sebagai struktur π elektron. Antrasen memiliki 14 elektron π serta mengandung atom-atom dengan orbital p yang dapat berikatan dan sistem keseluruhan yang datar. Sedangkan Naftalen hanya memiliki 10 elektron π didalamnya

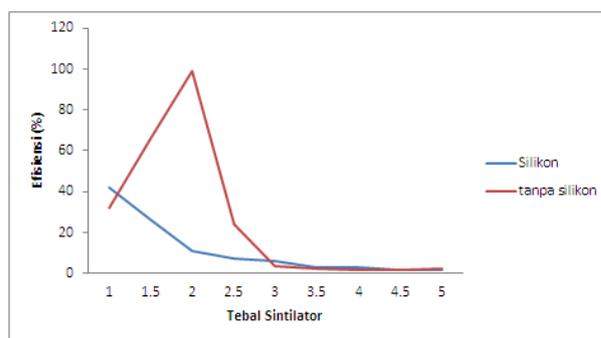
Selain itu perbedaan energi antara poliena hipotetis dan senyawa nyata (yakni, energi resonansi) kedua bahan memiliki perbedaan. Antrasen memiliki energi resonansi sebesar 84 kkal/mol sedangkan Naftalen hanya memiliki 61 kkal/mol. Energi resonansi yang besar menyebabkan bahan akan lebih banyak berikatan dengan radiasi yang mengenainya dan lebih stabil sehingga menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Karakteristik dari kedua bahan juga memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari komponen kimianya, walaupun merupakan jenis kimia organik aromatik tetapi kedua bahan memiliki nomor massa yang berbeda. Antrasen memiliki nomor massa yang lebih besar jika dibandingkan dengan Naftalen sehingga efisiensi pada Antrasen lebih besar jika dibandingkan dengan efisiensi yang diperoleh Naftalen



Gambar 5. Grafik Perbandingan Efisiensi Sintilator Antrasen dan Naftalen

Perbandingan Kontak Optik pada Sintilator Antrasen

Berdasarkan gambar 5 terlihat



Gambar 6. Grafik Perbandingan Sintilator yang Menggunakan Kontak Optik dan tidak Menggunakan Kontak Optik pada Antrasen.

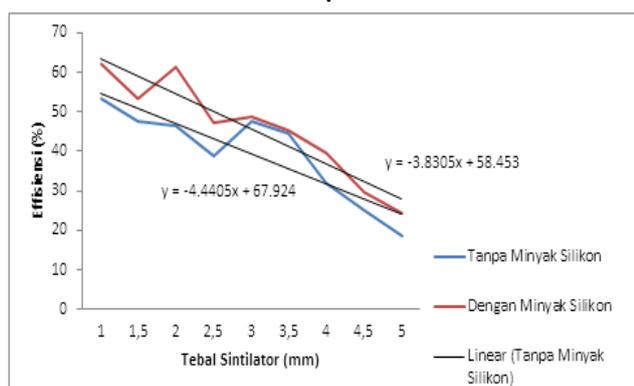
Berdasarkan gambar 6 perbandingan antara sintilator yang menggunakan kontak optik berupa minyak silikon dengan yang tidak menggunakan kontak optik. Sintilator diletakkan pada dinding PMT (*Photomultiplier Tube*) dengan minyak silikon untuk menghilangkan pantulan oleh dinding PMT. Cahaya yang terjadi karena proses sintilasi tadi mengenai katoda yang terbuat dari fotokatoda yang menghasilkan fotoelektron yang banyaknya sebanding dengan intensitas cahaya.

Pada sintilator Antrasen ketebalan 1 mm tanpa menggunakan kontak optik memiliki efisiensi sebesar 31,9 % sedangkan pada sintilator Antrasen ketebalan 1 mm yang menggunakan kontak optik memiliki nilai efisiensi sebesar 42,29 %. Kontak optik pada sintilator Antrasen hanya berpengaruh secara signifikan pada ketebalan 1 mm, sedangkan pada ketebalan lainnya tidak terjadi penambahan secara signifikan.

Hal itu disebabkan oleh energi radiasi β telah habis dan banyak terjadi hamburan yang dialami elektron dalam tiap atom sehingga pada ketebalan tersebut minyak silikon tidak dapat berkerja sebagai kontak optik. Pada ketebalan selanjutnya, nilai efisiensi semakin bertambah. Penambahan yang terjadi tidak signifikan tapi terlihat bahwa pada ketebalan selanjutnya minyak silikon bekerja sebagai kontak optik dan intensitas pendar cahaya yang timbul dapat

mencapai permukaan katoda tanpa ada yang terbiaskan

Perbandingan Kontak Optik pada Sintilator Naftalen



Gambar 7. Grafik Perbandingan Sintilator yang Menggunakan Kontak Optik dan tidak Menggunakan Kontak Optik pada Naftalen

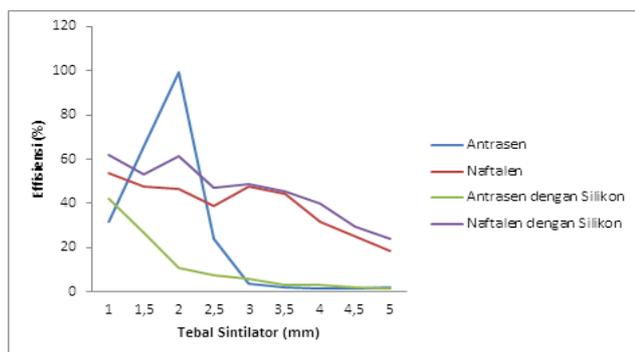
Berdasarkan gambar 7 terlihat perbandingan antara sintilator yang menggunakan kontak optik dan tidak menggunakan kontak optik pada Naftalen. Minyak silikon adalah polisiklosan yang memiliki massa molekul rendah terdiri dari gugus organik tunggal yang dapat dibuat menjadi berbagai macam jenis viskositasnya. Sintilator dilekatkan pada dinding PMT (*Photomultiplier Tube*) dengan minyak silikon untuk menghilangkan pantulan oleh dinding PMT karena Minyak silikon memiliki tegangan permukaan yang rendah. Cahaya yang terjadi karena proses sintilasi tadi mengenai katoda yang terbuat dari fotokatoda yang menghasilkan fotoelektron yang banyaknya sebanding dengan intensitas cahaya. Kontak optik berupa minyak silikon pada Naftalen bekerja optimal karena fotoelektron yang dihasilkan jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan sintilator tanpa menggunakan minyak silikon. Hal itu terlihat dengan adanya kenaikan efisiensi jika dibandingkan dengan tidak menggunakan kontak optik.

Pada sintilator Naftalen, hamburan elektron pada atom sedikit. Energi radiasi yang berupa cahaya diserap seluruhnya oleh sintilator

Naftalen yang telah diberi kontak optik, sehingga terjadi kenaikan efisiensi. Ketika Naftalen tidak diberi kontak optik, energi radiasi tidak terserap seluruhnya dan banyak terjadi hamburan. Namun pada saat diberi kontak optik, intensitas pendar cahaya yang timbul dapat mencapai permukaan katoda tanpa ada yang terbiaskan sehingga terjadinya kenaikan cacahan yang selanjutnya terjadi peningkatan efisiensi.

Minyak silikon memiliki nomor atom 14. Orbital terluar dari minyak silikon mempunyai 4 elektron valensi. Kulit atom 1s, 2s, 2p dan 3s terisi penuh, sedangkan kulit atom 3p hanya terisi 2 dari jumlah maksimumnya 6. Minyak silikon bersifat semikonduktor dan termasuk jenis *metalloid tetravalent*, yang artinya siap untuk memberikan atau berbagi 4 atom terluarnya. Hal tersebut menyebabkan banyak ikatan kimia yang terjadi. Minyak silikon dengan 4 elektron valensinya mempunyai kemungkinan untuk bergabung dengan elemen atau senyawa kimia dari bahan sintilator pada kondisi yang sesuai. Oleh karena itu, semakin banyak ikatan kimia yang terjadi diantara minyak silikon dengan sintilator semakin besar sintilator menyerap radiasi cahaya yang menghasilkan nilai efisiensi yang semakin tinggi.

Gambar 8 merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan nilai efisiensi dari seluruh sintilator baik sintilator Antrasen, Antrasen dengan tambahan minyak silikon, Naftalen, dan Naftalen dengan tambahan minyak silikon.



Gambar 8. Grafik efisiensi sintilatator

KESIMPULAN

Efisiensi pada sintilatator Antrasen lebih tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi pada sintilatator Naftalen. Nilai efisiensi sintilatator Antrasen sebesar 99 % terletak pada ketebalan 2 mm sedangkan nilai efisiensi sintilatator Naftalen adalah 53,42 % pada ketebalan 1 mm.

Kontak optik pada sintilatator Antrasen hanya berpengaruh pada efisiensi detektor dengan ketebalan 1 mm sedangkan pada ketebalan lain tidak terjadi kenaikan. Kontak optik pada sintilatator Naftalen berpengaruh pada efisiensi detektor seluruh ketebalan. Intensitas pendar cahaya yang timbul dapat mencapai permukaan katoda tanpa ada yang terbiaskan. Hal itu terlihat dengan adanya kenaikan cacahan pada sintilatator yang diberi minyak silikon dibandingkan dengan sintilatator yang tidak menggunakan minyak silikon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asir, 2008, The Synthesis of Chiral Perylene and Napthalene Diimides, *National Chemistry Congress, XXII*, Magusa,, North Cyprus.
- [2]. BATAN, 1997, Instrumentasi nuklir dan spektroskopi, *Diklat Keahlian Dasar XIII*, Pusat Pendidikan dan Latihan.
- [3]. Dewi , A.A.S., 1996, *Pembuatan detektor sintilasi dengan bahan organik Naftalen*, Undergraduate thesis, FMIPA UNDIP.
- [4]. Joko, S. dan Trikasjono, T., 2008. Rancang Bangun Linier Amplifier Untuk

Spektroskopi Nuklir. Prosiding Seminar Nasional IV, SDM Teknologi Nuklir, ISSN 1978-0176, hal 89-98 Yogyakarta.

- [5]. Knoll, G.F., 1999, *Radiation Detection and Measurements*, John Wiley & Son, New York
- [6]. Krane, K.S., 1992, Fisika Modern, Penerjemah : Hans J. Wospakrik, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- [7]. Lilley, J., 2001, *Principle and Application Nuclear Physic*, England, John Willey and Sons Ltd.
- [8]. Perry, R.H., 1999, *Chemical Engineer's Handbook*, The McGraw-Hill Companies, United States of America.
- [9]. Setiawati, E., 1999, Pembuatan Detektor Sintilasi bahan Organik Antrasen, Semarang, *Jurnal Berkala Fisika*, Vol.2 No.2, hal 71-75.
- [10]. Wiryosimin, S., 1995, *Mengenal Asas Proteksi Radiasi*, ITB Press, Bandung.
- [11]. Wiyatmo, Y., 2006, *Fisika Nuklir dalam Telaah Semi-Klasik & Kuantum*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.