

DETEKSI THORIUM PADA KAOS LAMPU PETROMAKS MENGGUNAKAN SPEKTROMETER BETA DENGAN DETEKTOR SINTILASI DARI BAHAN ORGANIK NAFTALEN

Nina Ginanto Putri dan Evi Setiawati

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

Email: ninaginanto@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

The radioactivity of Thorium contained in gas mantles has been successfully detected. Thorium is the source of radiation that it emits the types of alpha (α) and beta (β) radiation, so it can be said to have radiation with little activity. In this study, the detection of radioactivity of Thorium using a scintillation detector with an organic material of Naphthalene scintillator which has a efficiency value of 53.42%. In addition, the composition of the materials was characterized by Energy Dispersive X-ray spectroscopy (EDX). Gas mantles mounted on petromaks lights and it turned on. The result of combustion of powders was pressurized, so that it became a solid sample. The variations of sample were A and B, while there were 9 variations of Naphthalene scintillator thickness of 0.5 mm intervals in the range 1-5 mm. The A sample result of EDX characterization show that the composition of the constituent material C, Mg, Cu, and Th. The composition of the material making up the B sample was B, O, Y, Pt, Pb, and Th. Thorium activity was determined by counting the samples for 10 seconds each variation of the thickness of the scintillator. The radiation activities of Thorium were found in A and B samples respectively, 8.419 and 8.692 nCi. Keywords: Plasma jet, characterization of plasma jet, flow rate of Argon gas, voltage, current

Keywords: *Thorium, radioactivity, scintillation detectors, Naphthalene scintillator*

ABSTRAK

Radioaktivitas Thorium yang terkandung dalam kaos lampu petromaks telah berhasil dideteksi. Thorium merupakan sumber radiasi yang memancarkan jenis radiasi alpha (α) dan beta (β), sehingga dapat dikatakan mempunyai radiasi dengan aktivitas yang kecil. Dalam penelitian ini dilakukan pendeteksian radioaktivitas Thorium menggunakan detektor sintilasi dengan bahan sintilator organik Naftalen yang memiliki nilai efisiensi 53,42 %. Selain itu, Karakterisasi komposisi bahan dilakukan menggunakan Energy Dispersive X-ray spectroscopy (EDX). Kaos lampu petromaks dipasang pada lampu petromaks kemudian dinyalakan. Hasil dari pembakaran yang berupa serbuk diberi tekanan sehingga menjadi sampel padatan. Variasi sampel yang digunakan yaitu sampel A dan sampel B, sedangkan sintilator naftalen ada 9 variasi ketebalan interval 0,5 mm dalam rentang 1-5 mm. Hasil karakterisasi EDX sampel A menunjukkan komposisi penyusun material yaitu C, Mg, Cu, dan Th. Komposisi material penyusun sampel B yaitu B, O, Y, Pt, Pb, dan Th. Penentuan aktivitas Thorium dengan mencacah sampel selama 10 detik tiap variasi ketebalan sintilator. Aktivitas radiasi Thorium yang dihasilkan untuk sampel A dan B berturut-turut yaitu 8,419 nCi dan 8,692 nCi.

Kata Kunci : *Thorium, radioaktivitas, detektor sintilasi, sintilator Naftalen*

PENDAHULUAN

Sumber radiasi bermanfaat bila digunakan secara tepat. Contoh penggunaan sumber radiasi di bidang industri yaitu pada pembuatan kaos lampu petromaks. Sumber radiasi yang dipakai adalah Thorium. Kaos lampu terbuat dari kain nilon kemudian direndam pada cairan Thorium nitrat. Perendaman dimaksudkan supaya saat lampu petromak digunakan memancarkan warna putih

yang cerah, sehingga pancaran sinar kuat pada lampu petromaks.

Pada spektrometer terdapat detektor sintilasi yang harus memiliki efisiensi yang tinggi. Nilai efisiensi sebuah detektor sintilasi salah satunya dipengaruhi oleh sintilator yang digunakan. Terdapat dua jenis sintilator yaitu sintilator anorganik dan sintilator organik. Contoh dari sintilator anorganik adalah NaI(Tl), CsI(Tl) dan

ZnS(Ag). Sedangkan contoh dari sintilator organik diantaranya Antrasen, Naftalen, Stilbene, dan Tterpenyl.

Detektor sintilasi dengan sintilator Naftalen telah diuji dengan sumber radioaktif yang intersitas cacahannya tinggi yaitu Cesium (^{137}Cs) oleh Lestari dkk, 2014 . Dalam penggunaannya, sintilator Naftalen belum pernah digunakan untuk mendeteksi sumber radiasi dengan aktivitas rendah. Oleh karena itu perlu adanya penelitian untuk mengetahui dapatkah Naftalen digunakan untuk mendeteksi sumber radiasi dengan aktivitas yang rendah

DASAR TEORI

Kaos lampu merupakan salah satu komponen yang sangat penting cahaya terang yang dipancarkan lampu bersumber dari kaos lampu. Bahan atau material kaos lampu dibuat dari kain katun yang lembut dan dirajut secara khusus dalam skala industri yang dilapisi dengan Thorium. Thorium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Th dan nomor atom 90 serta memiliki energi 238,35 keV. Thorium mempunyai sifat khusus yaitu jika dibakar pada suhu tinggi akan memancarkan warna putih yang cerah. Thorium yang menempel pada kaos lampu petromaks akan memberikan pancaran sinar kuat pada lampu petromaks yang sedang difungsikan (Aisyah, 2011)

Thorium yang digunakan dalam kaos lampu petromaks adalah Thorium alam (Th^{232}) yang diperoleh dari ekstraksi batuan Thorium. Dalam Thorium alam terdapat Th^{228} yang diasumsikan berada dalam kesetimbangan sekuler, kemudian radionuklida anak luruh yang timbul secara spontan dengan berjalannya waktu. Thorium merupakan nuklida dengan beberapa isotop yang mempunyai nomor massa 212 – 236. Thorium alam (Th^{232}) mempunyai waktu paro yang sangat panjang yaitu $1,405 \times 10^{10}$ tahun, sedangkan Th^{228} mempunyai waktu paro 1.913 tahun (Aisyah, 2011). Peluruhan Thorium merupakan deret yang diawali unsur ^{232}Th (inti induk) dan diakhiri unsur ^{208}Pb sebagai unsur yang stabil, dengan melalui 8 peluruhan α dan 6 peluruhan β (Nugraheni dkk, 2012).

Naftalen merupakan rangkaian hidrokarbon jenis aromatic, bahkan dapat disebut polyaromatik dengan struktur kimia berbebtuk cincin benzene

bersekutu dalam satu ikatan atau dua arto lingkaran benzene sehingga rumus kimianya menjadi C_{10}H_8 (Asir,2008). Naftalen mempunyai nama lain yaitu methilnaphthalene. Secara fisik, Naftalen merupakan zat yang berbentuk keeping Kristal, mudah menguap dan menyublim serta tak berwarna, umumnya berasal dari minyak atau batu bara. Adapun karakteristik yang dimiliki oleh Naftalen terlihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Naftalen []

| Karakteristik | Nilai Parameter |
|---------------|------------------------|
| Nomor Massa | 128,17 g/mol |
| Rapat Massa | 1,14 g/cm ³ |
| Titik Leleh | 80,5 °C |
| Titik Didih | 218 °C |

Naftalen merupakan sintilator untuk detektor sintilasi yang terpasang dalam seperangkat spectrometer beta. Spektrometer digunakan untuk mendeteksi radiasi yang dipancarkan oleh suatu sumber radiasi, deteksi radiasi berupa cacahan per satuan waktu. Sistem spektrometer energi bekerja berdasarkan pada pembentukan ion dalam bahan semikonduktor atau pada terbentuknya cahaya tampak pada PMT (*Photomultiplier Tube*) yang menggunakan kristal atau cairan pendar cahaya. Sistem spektrometer energi mencacah setiap radiasi yang masuk kedalam detektor sintilasi kemudian spektrometer memilih energi radiasi yang datang sehingga dapat terlihat perbedaan energi yang datang (Wiryosimin, 1995).

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 diakumulasikan 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) (Wiryosimin, 1995).

Proses penentuan komposisi suatu sampel menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-Ray*).

Sistem analisis EDX bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari teknik ini adalah menangkap dan mengolah sinyal *fluoresensi* sinar-x yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan (spesimen). Sinar-x tersebut dapat dideteksi dengan detektor zat. EDX adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk elemen analisis atau karakterisasi kimia sampel. Ini adalah salah satu varian dari fluoresensi sinar-x spektroskopi yang bergantung pada penyelidikan sampel melalui interaksi antara radiasi elektromagnetik dan materi, menganalisis sinar-x yang dipancarkan oleh materi dalam menanggapi pukulan dengan partikel bermuatan.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Sampel

Pembuatan sampel menggunakan bahan abu kaos lampu petromaks. Bubuk kaos lampu diperoleh dengan cara memasang kaos lampu ke lampu petromaks kemudian menyalakannya, setelah dimatikan kaos lampu telah menjadi abu dan dihaluskan. Pembuatan sumber radioaktif dengan cara memberikan tekanan pada bubuk kaos lampu yang telah diletakkan pada cetakan stainless steel sebesar 86,6 kN/m². Kaos lampu petromaks yang digunakan ada dua merek yang berbeda dan diberi nama sampel A dan sampel B. Ukuran sampel sama dengan ukuran sintilator yaitu berdiameter 4,2 cm

Pencacahan Sampel

Hal pertama yang dilakukan adalah merangkai semua peralatan yang mendukung pengukuran dan menyiapkan bahan yang digunakan. Pada penelitian ini dilakukan pencacahan dengan besar tegangan 600 volt. Penggunaan 600 volt disebabkan oleh spesifikasi dari detektor bekerja optimum pada tegangan 600 volt. Sebelum dilakukan cacahan sumber radioaktif. Selanjutnya dilakukan pencacahan untuk masing-masing sampel sumber radiasi β yaitu Thorium yang terkandung dalam abu kaos lampu petromaks dalam waktu pencacahan yang sama untuk tiap-tiap ketebalan bahan sintilator

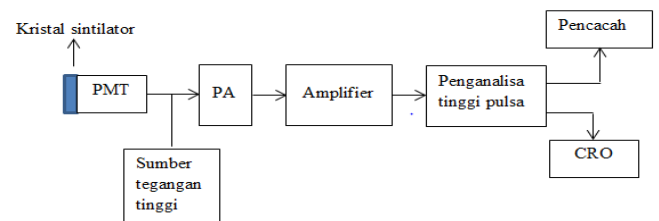
yaitu 10 detik sehingga diperoleh nilai cacah per detik.

Perhitungan Aktivitas Radiasi Thorium

Perhitungan aktivitas dilakukan dengan menggunakan persamaan efisiensi, yaitu:

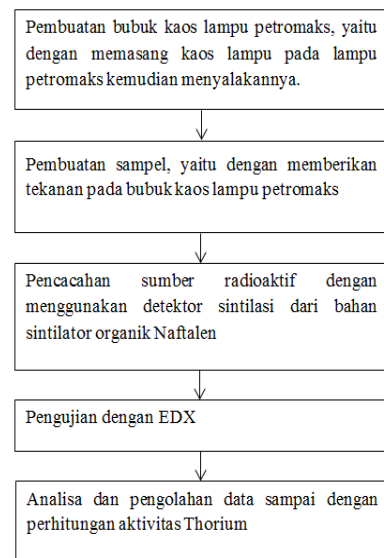
$$\eta = \frac{A(cps)}{D(dps)} \times 100\% \tag{3.1}$$

dengan η menyatakan efisiensi detektor, A (cps) menyatakan aktivitas yang tercacah oleh detektor, dan D (dps) menyatakan aktivitas sumber. Dengan persamaan 3.1 maka dapat dihitung cacahan sumber radioaktif per satuan waktu satu sekon. Setelah diperoleh aktivitas yang tercacah oleh detektor salam satuan cps kemudian diubah satuannya menjadi Currie.



Gambar 1. Rangkaian spektrometer

Diagram Penelitian

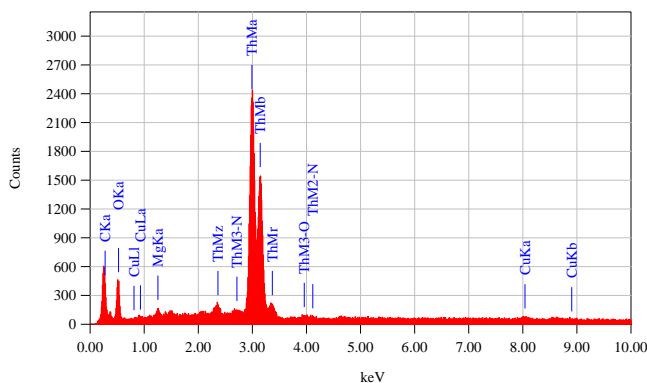


Gambar 2. Diagram penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

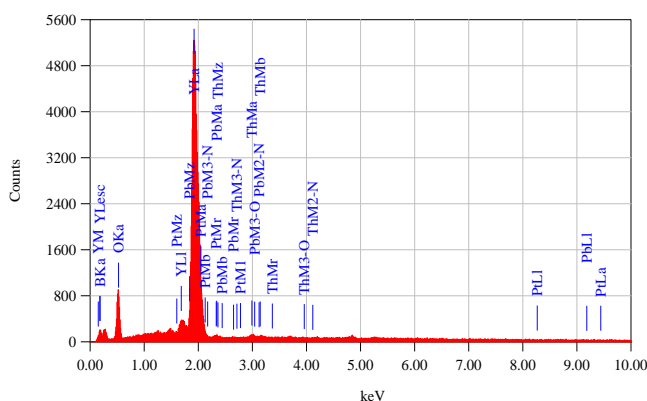
Deteksi Thorium pada Kaos Lampu Petromaks

Deteksi Thorium pada kaos lampu petromaks menggunakan EDX (Energy Dispersive X-ray) dan spektrometer beta. Setelah dilakukan pengujian sampel dengan menggunakan EDX diperoleh hasil seperti pada gambar 3 untuk sampel A dan gambar 4 untuk gambar B.



Gambar 3. Hasil pengujian EDX sampel A

Berdasarkan pada gambar 3 terlihat sampel A kaos lampu petromaks memiliki kandungan Thorium. Kandungan Thorium yang ada pada sampel A merupakan persen massa terbesar pada sampel yaitu sebesar 88,42 %. Sedangkan unsur-unsur lain yaitu unsur Karbon sebesar 7,94 %, Magnesium sebesar 1,25 % dan Tembaga sebesar 2,40 %. Hal tersebut dapat dilihat pada lampiran E. Kandungan Thorium memiliki persentase massa yang paling besar, selain itu aktivitas radiasi Thorium pada sampel A masih tinggi. Hal tersebut terlihat pada hasil cacahan Thorium yang ditampilkan pada sumbu vertikal.

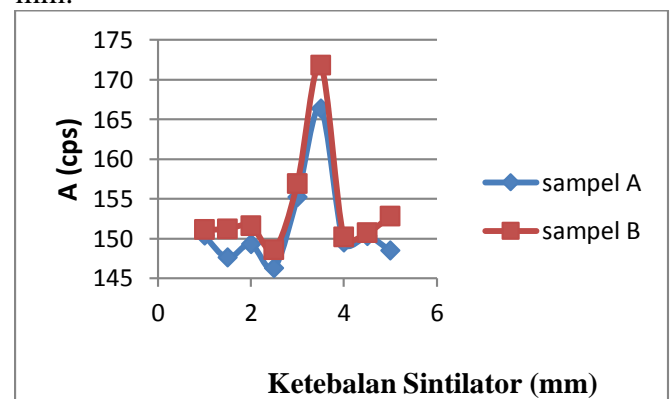


Gambar 4. Hasil pengujian EDX sampel B

Pada gambar 4 terlihat beberapa material penyusun sampel B antara lain : B, O, Y, Pt, Pb, dan Th. Berdasarkan hasil pengujian EDX terdapat unsur yang ada pada deret peluruhan Thorium yaitu

Th dan Pb dengan masing-masing persen massa sebesar 0,79 % dan 0,18 %. Sedangkan persen massa yang paling besar adalah unsur Y seperti yang ditunjukkan pada lampiran F. Pada sampel B aktivitas Thorium kecil, hal tersebut terlihat pada hasil cacahan yang ditunjukkan pada arah vertikal.

Setelah dilakukan pencacahan sampel A dan B dengan menggunakan detektor sintilasi dengan bahan sintilator Naftalen maka diperoleh hasil yang disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.3. Sintilator Naftalen yang digunakan memiliki sembilan ketebalan yang berbeda yakni antara 1 mm sampai 5 mm dengan kenaikan ketebalan 0,5 mm.



Gambar 5. Grafik pencacahan Thorium terhadap ketebalan sintilator

Pada ketebalan 1 mm sampai dengan 3 mm, bahan sintilator yang berinteraksi dengan energi foton sedikit karena ketebalan sintilator. Sehingga pada ketebalan tersebut, pencacahan yang diperoleh relative rendah. Sedangkan pada ketebalan 3,5 mm untuk sampel A maupun sampel B hasil cacahan radiasi memiliki nilai yang paling tinggi yaitu masing-masing sebesar 166,4 cps dan 171,8 cps. Dengan demikian tebal optimum sintilator Naftalen adalah 3,5 mm. pada ketebalan ini, proses yang terjadi adalah penggabungan berkas-berkas yang ada sehingga cacahan yang diperoleh maksimum.

Semakin bertambahnya ketebalan sintilator maka bertambah pula nilai cacahan radiasinya, namun setelah mencapai nilai maksimum yaitu 3,5 mm, nilai cacahan radiasinya justru semakin menurun. Hal itu disebabkan oleh energi sumber radiasi beta yang sudah habis. Jumlah radiasi yang terdeteksi berbanding lurus dengan jumlah foton yang terdeteksi, sehingga pulsa yang terdeteksi selama selang waktu pengukuran tertentu merupakan indikasi jumlah sintilasi yang terjadi

selama pencacahan berlangsung. Radiasi beta termasuk partikel bermuatan sehingga dapat secara langsung berinteraksi maupun mengionisasi materi yang dilaluinya. Interaksi yang terjadi dipengaruhi oleh gaya Coulomb. Ketika radiasi beta melewati suatu materi, rata-rata energi yang dimilikinya berkurang dengan bertambahnya ketebalan dan hamburan sepanjang perjalanannya, hal itu yang menyebabkan penurunan nilai cacahan setelah melewati ketebalan optimum.

Sumber radiasi beta yang berinteraksi dengan sintilator Naftalen akan bertumbukan dengan molekul sintilator yang menyebabkan molekul sintilator Naftalen tereksitasi. Pada saat molekul sintilator kembali ke tingkat energi semula terjadi hamburan energi, yang sebagian kemudian diteruskan ke molekul sintilator dan skembali menyebabkan molekul sintilator tereksitasi. Pada saat kembali ke tingkat energi semula disertai dengan pemancaran foton. Foton kemudian terdeteksi oleh PMT, sehingga dihasilkan pulsa listrik yang sebanding dengan energi radiasi.

Perhitungan Aktivitas Radiasi Thorium

Dalam penelitian ini telah dilakukan pencacah Thorium yang terkandung dalam kaos lampu petromaks dengan menggunakan detektor sintilasi dari bahan sintilator organik Naftalen. Sintilator yang digunakan merupakan sintilator haril penelitian Lestari dkk pada tahun 2014 yang memiliki efisiensi sebesar 53,42 %. Nilai efisiensi merupakan perbandingan antara cacahan per satuan waktu yang dapat dihasilkan oleh detektor dari sumber yang dicacak dalam peluruhan per satuan waktu yang sama yang berasal dari sumber yang sama dan dinyatakan dalam persen (%).

Pada gambar 5 diketahui ketebalan optimum sintilator Naftalen yaitu pada ketebalan 3,5 mm. Pada ketebalan ini dilakukan perhitungan aktivitas sumber radiasi Thorium pada tanggal 9 Juni 2015 dengan menggunakan persamaan 3.1 diperoleh perhitungan nilai aktivitas sumber radiasi Thorium pada kaos lampu petromaks sampel A sebesar 8,419 nCi dan sampel B sebesar 8,692 nCi. Aktivitas Thorium pada kaos lampu petromaks sampel B lebih besar dibandingkan dengan

aktivitas Thorium pada sampel A. Hal tersebut disebabkan waktu peluruhan sampel A lebih lama dibandingkan dengan sampel B. Aktivitas radiasi akan berkurang secara eksponensial terhadap waktu, sehingga aktivitas radiasi akan berbeda setiap waktunya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian dengan SEM-EDX menunjukkan adanya Thorium pada sampel kaos lampu petromaks.
2. Thorium yang terkandung dalam kaos lampu petromaks dapat terdeteksi dengan menggunakan detektor sintilasi yang berbahan sintilator organik Naftalen.
3. Aktivitas radiasi sumber Thorium yang terkandung dalam kaos lampu petromaks tanggal 9 Juni 2015 pada sampel A sebesar 8,419 nCi sedangkan sampel B sebesar 8,692 nCi.

SARAN

Sampel yang digunakan sebaiknya divariasi dalam bentuk lain, contohnya dalam bentuk bahan kaos, abu maupun campuran kaos dan abu yang dideteksi menggunakan detektor sintilasi dengan bahan sintilator organik Naftalen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aisyah, 2011, Pengolahan Pradisposal Limbah Pabrik Kaos Lampu Petromaks yang Mengandung Thorium, *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII*, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, BATAN
- [2] Asir, 2008, The Synthesiis of Chiral Perylene and Napthalene Diimides, *National Chemistry Congres, XXII*, Magusa, North Cyprus.

- [3]. Knoll, G.F., 1999, *Radiation Detector and Measurements*, John Wiley & Son, New York
- [4]. Lestari, N. Setiawati, E. Richardina, V., 2014, Perbandingan Efisiensi Detektor Sintilasi Organik Menggunakan Sintilator Antrasen dan Naftalen serta Pengaruh Penggunaan Kontak Optik Terhadap Efisiensi Detektor pada Spektrometer Beta, *Youngster Physics Journal*, ISSN : 2302-7371, Vol.4, No.1, Januari 2015, hal 23-30.
- [5]. Nugraheni, A. Dwijananti, P. Suyono, 2012, Penentuan Aktivitas Unsur Radioaktif Thorium yang Terkandung dalam Prototipe Sumber Radiasi Kaos Lampu Petromaks, *Jurnal MIPA35*, Januari 2012, ISSN 0215-9945, Universitas Negeri Semarang.