BAB II

DASAR TEORI

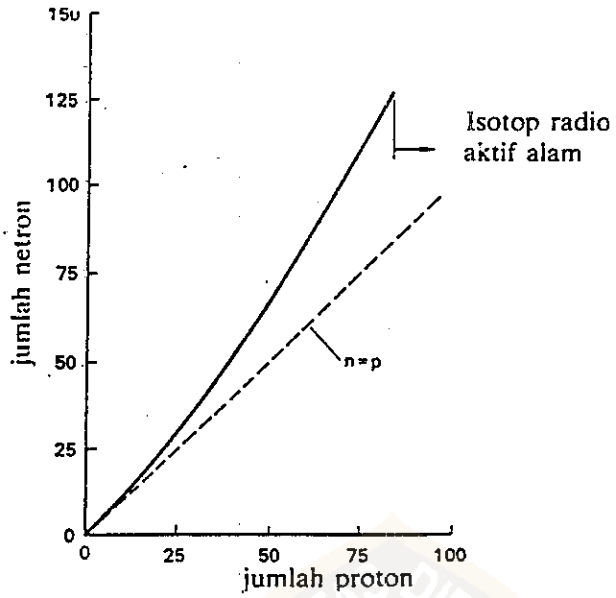
II.1. Radio Aktivitas

II.1.1. Stabilitas Inti

Radioaktivitas adalah peristiwa pemancaran radiasi karena suatu zat yang tidak stabil menuju ke keadaan stabil[7]. Tidak setiap gabungan neutron dan proton membentuk inti stabil. Pada umumnya, inti ringan dengan nomer massa (A) kurang dari 20 mengandung jumlah neutron dan jumlah proton yang hampir sama, sedangkan pada inti berat jumlah neutron menjadi bertambah besar. Pada gambar 1 yang merupakan grafik antara jumlah neutron (N) terhadap jumlah proton (Z) untuk isotop stabil. Nukleon yang mempunyai spin 1/2 mengikuti prinsip eksklusi. Sehingga setiap tingkat energi inti dapat mengandung dua buah neutron yang mempunyai spin berlawanan dengan dua buah proton. Tingkat energi dalam inti diisi menurut kaidah Hund sama seperti tingkat energi atom supaya terjadi suatu konfigurasi dengan energi minimum sehingga kestabilannya maksimum. Proton bermuatan positif dan saling tolak menolak karena adanya medan listrik. Tolakan ini menjadi sangat besar dalam inti yang mengandung 10 proton atau lebih

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

melebihi jumlah neutron yang hanya menimbulkan gaya tarik yang diperlukan untuk kemantapan.



Gambar II.1 : Diagram proton-neutron inti stabil[3]

Gaya inti memiliki jangkauan terbatas dan interaksi nukleon yang kuat hanya terjadi antara inti tetangga terdekatnya. Efek ini dikenal sebagai kejenuhan gaya inti. Karena tolakkan coulomb dari proton menjangkau ke seluruh bagian inti, maka terdapat batas kemampuan neutron untuk mencegah terpecahnya inti besar. Batas ini dinyatakan dalam isotop Bismut $^{209}_{83}Bi$ yang merupakan isotop mantap terberat. Semua inti dengan Z > 83 dan A > 209 berubah secara spontan menjadi inti lebih ringan dengan memancarkan sebuah atau lebih partikel α yang merupakan inti $^{4}_{2}He$.

Karena partikel α terdiri dari dua proton dan dua neutron, peluruhan α mereduksi jumlah Z dan N inti induk.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Jika inti anak yang dihasilkan memiliki perbandingan neutron atau proton yang terlalu besar atau terlalu kecil, maka inti itu dapat meluruh lagi ke keadaan yang lebih stabil. Dalam peluruhan β negatif, neutron bertransformasi menjadi proton dan elektron. Reaksi tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$ {}^{1}_{o}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{o}_{-1}e $$

Elektron yang meninggalkan inti adalah partikel β. Dalam peluruhan β positif, sebuah proton menjadi sebuah neutron dan sebuah positron dipancarkan. Peluruhan β positif tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$ {}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{o}n + {}^{o}_{+1}e $$

Jadi peluruhan β negatif mengurangi proporsi neutron sedangkan peluruhan β positif menambah neutron. Suatu proses yang kebalikan dengan pemancaran positron ialah penangkapan elektron dari kulit terdalam oleh inti. Elektron diabsorpsi oleh proton yang berubah menjadi neutron. Dan dapat dituliskan :

$$ {}^{1}_{1}p + {}^{o}_{-1}e \longrightarrow {}^{1}_{o}n $$

II.1.2. Peluruhan Partikel β

Partikel β adalah merupakan elektron yang terlempar

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dari inti atom radioaktif yang tidak stabil. Partikel β memiliki muatan listrik negatif tunggal (1,6 x 10^{-19}coulomb) dan memiliki massa yang sangat kecil (0,00055 sma). Partikel β terbentuk pada saat terjadi pemancaran karena adanya perubahan suatu neutron menjadi sebuah proton dan sebuah elektron. Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$ {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e $$

Perubahan tersebut memperlihatkan bahwa peluruhan partikel β terjadi diantara isotop-isotop yang memiliki kelebihan neutron. Agar pemancaran β memiliki energi yang maksimum, maka massa inti induk harus lebih besar dari jumlah massa inti anak dan partikel β. Persamaannya dapat ditulis:

$$ M_n = M_p + M_e + Q \qquad \text{(II.1)} $$

Karena selama peluruhan β terdapat satu satuan muatan negatif yang hilang, dan massa partikel jauh lebih kecil dari pada 1 sma, maka inti anak memiliki nomer atom yang lebih besar satu nomer atom dari pada nomer atom inti induk tetapi nomer massanya tetap.

Isotop-isotop yang memancarkan partikel β juga memancarkan foton γ disebut sumber radiasi beta-gama. Setelah inti memancarkan partikel β, inti atom tersebut berada dalam keadaan tereksitasi. Inti yang tereksitasi

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

segera menuju ke keadaan stabil dengan memancarkan radiasi elektromagnetik, yang berupa foton γ.

II.2. Interaksi radiasi dengan materi

II.2.1. Sifat Partikel β

Sifat partikel β adalah akan kehilangan energinya ketika melalui materi terutama disebabkan oleh interaksi medan listrik dengan elektron. Elektron tersebut bergerak ke keadaan eksitasi atau terlepas dari atom induknya. Sebagian besar elektron yang terlepas memiliki energi cukup untuk mengionisasi atom yang berada pada lintasannya. Pada partikel β satu kali terjadi tumbukan kehilangan energinya dapat mencapai setengahnya. Lintasan partikel β tidak lurus sehingga jarak lintasan partikel β dalam materi tidak dapat didefinisikan dengan jelas. Jarak lintasan partikel β hanya dapat ditentukan secara ekstrapolasi. Partikel β ketika melintasi materi lambat laun mengalami perlambatan sampai akhirnya berhenti. Titik di mana partikel β berhenti disebut jangkauan partikel β. Karena energi β maksimum dari berbagai isotop diketahui, maka dengan mengukur jangkauan partikel β dari bermacam-macam materi, hubungan antara jangkauan dan energi dapat ditetapkan. Ketebalan materi yang diperlukan untuk menyerap energi partikel β tertentu akan menurun jika rapat massa materi makin besar. Kemampuan untuk menyerap energi dari partikel β tergantung pada jumlah elektron yang terserap dalam rapat massa per satuan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

luas (elektron per cm^2) dari elektron-elektron yang terdapat dalam materi. Rapat massa per satuan luas elektron hampir sebanding dengan hasil kali rapat massa materi dan ketebalan dari materi tersebut, sehingga dapat dituliskan dalam suatu persamaan:

$$t_d = \rho \times t_1 \qquad \text{(II.2)}$$

Dengan t_d = rapat massa per satuan luas, ρ = rapat massa materi dan t_1 = ketebalan materi.

II.2.2. Interaksi Radiasi Partikel β Dengan Materi

Interaksi radiasi partikel β dengan materi melibatkan suatu pemindahan energi dari sumber radiasi tersebut ke dalam materi. Materi terdiri dari inti-inti atom dan elektron-elektron. Radiasi partikel β berinteraksi dengan salah satu atau kedua unsur pokok pembentuk materi. Kemungkinan terjadinya kategori interaksi dan daya tembus radiasi, tergantung pada tipe, energi radiasi dan sifat materi. Eksitasi dan ionisasi dari atom-atom materi disebabkan oleh interaksi atom-atom tersebut dengan radiasi[3].

Interaksi antara medan listrik suatu partikel β dengan elektron-elektron orbital dari materi menyebabkan terjadinya eksitasi dan ionisasi. Interaksi semacam itu merupakan tumbukan yang tak lenting sempurna. Elektron

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

terikat dalam suatu atom oleh gaya listrik dan dalam mengatasi gaya listrik ini, partikel β melepaskan energi. Karena gaya listrik mampu bekerja pada suatu jarak yang panjang, maka tumbukan antara partikel β dengan elektron terjadi tanpa mengalami adanya benturan dari kedua partikel tersebut. Jumlah energi yang dilepaskan oleh partikel β tergantung pada jarak partikel tersebut terhadap elektron serta pada energi kinetiknya. Jika $\emptyset$ merupakan potensial ionisasi dari medium penyerap dan E_t merupakan energi yang dilepaskan oleh partikel β selama tumbukan, maka energi kinetik dari elektron yang terlempar (E_k) adalah :[3]

$$E_k = E_t - \emptyset \qquad \text{(II.3)}$$

Partikel β memiliki massa yang sama dengan massa elektron dengan demikian mudah dibelokkan selama terjadinya tumbukan. Sehingga partikel β membentuk lintasan yang membelok pada saat melintasi suatu materi.

Energi rata-rata partikel β yang dikeluarkan untuk menghasilkan sepasang ion sekitar dua atau tiga kali lebih besar dari potensial ionisasi. Selisih antara energi partikel β yang dikeluarkan dalam tumbukan ionisasi dan total energi yang dilepaskan oleh partikel β dapat dihubungkan dengan eksitasi elektron.

Laju linier ("Linier Energy Transfer") adalah hilangnya energi partikel β yang disebabkan oleh ionisasi

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dan eksitasi, dinyatakan dalam ionisasi jenis. Ionisasi jenis adalah jumlah pasangan ion-elektron yang terbentuk per satuan jarak yang ditempuh oleh partikel β. Pada umumnya, untuk partikel-partikel β yang berenergi rendah, ionisasi jenisnya relatif tinggi. Ionisasi jenis tersebut akan turun dengan cepat bersama dengan meningkatnya energi partikel β, hingga mencapai suatu nilai minimum sekitar 1 MeV. Peningkatan energi partikel β berikutnya menghasilkan ionisasi jenis yang meningkat secara lambat.

Istilah ionisasi jenis dipergunakan jika ditinjau pada energi radiasi yang hilang ketika terjadi interaksi radiasi dengan materi. Jika ditinjau pada materi, maka akan berhubungan dengan laju linier penyerapan energi oleh materi pada saat partikel melintasi materi. Laju penyerapan energi, didefinisikan sebagai hubungan antara energi persatuan jarak, yang dituliskan dalam persamaan :[3]

$$LET = \frac{dE_L}{dl} \qquad (II.4)$$

dE_L adalah jangkau energi rata-rata partikel β yang menempuh jarak dl. Seperti telah didefinisikan diatas bahwa "jangkau energi rata-rata" menunjukkan suatu energi maksimum yang dilepaskan partikel β. Pemindahan Energi Linier juga bisa menunjukkan energi yang diberikan dalam suatu volume materi yang terbatas [3].

II.2.3. Interaksi Radiasi Foton γ Dengan Materi

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Foton γ adalah radiasi gelombang elektro magnetik yang dapat pula ditinjau sebagai paket-paket catu energi. Interaksi radiasi foton γ dengan materi bisa terjadi melalui bermacam-macam proses. Dari berbagai proses tersebut hanya ada tiga proses yang penting untuk diperhatikan dalam spektrometri, yaitu:

1. Efek fotolistrik
2. Hamburan Compton
3. Pembentukan pasangan

II.2.3.1. Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik adalah interaksi antara foton γ dengan sebuah elektron yang terikat kuat dalam atom. Yaitu elektron pada kulit bagian dalam suatu atom, biasanya kulit K atau L. Foton γ akan menumbuk elektron tersebut dan karena elektron itu terikat kuat maka elektron akan menyerap seluruh energi foton γ. Sebagai akibatnya elektron akan dipancarkan keluar dari atom dengan energi gerak (E_e) yang besarnya adalah selisih energi foton γ (E_γ) dengan energi ikat elektron (W). Besar energi gerak foton γ dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$E_e = E_\gamma - W \qquad \text{(II.5)}$$

Elektron yang dipancarkan itu disebut fotoelektron.

Atom yang terionisasi akibat efek fotolistrik berada dalam keadaan tidak stabil. Lowongan yang ditinggalkan

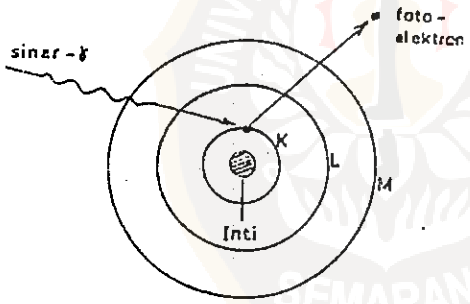
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

fotoelektron akan segera diisi oleh elektron pada kulit berikutnya. Penataan kembali konfigurasi elektron ini menimbulkan pancaran sinar X, sedangkan elektronnya disebut elektron Auger.

Kebolehjadian foton γ yang mempunyai energi E_γ berinteraksi melalui proses efek fotolistrik dinyatakan dalam suatu besaran yang disebut tampang lintang efek fotolistrik (τ), besarnya adalah:

$$\tau = C \frac{Z^5}{E_\gamma^{7/2}} \qquad \text{(II.6)}$$

Di mana C adalah tetapan dan Z nomor atom dari materi.



Gambar II.2 : Efek fotolistrik[1]

II.2.3.2. Hamburan Compton

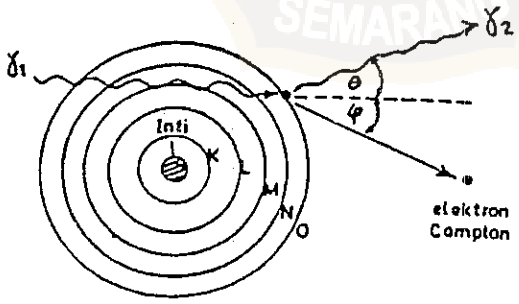
Hamburan Compton terjadi antara foton γ dan sebuah elektron bebas atau yang terikat lemah dalam atom. Elektron-elektron yang dapat dikategorikan sebagai elektron yang terikat lemah adalah elektron yang berada pada kulit

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

terluar suatu atom. Apabila foton γ menumbuk elektron jenis tersebut, maka berdasarkan hukum kekekalan momentum tidak mungkin elektron akan dapat menyerap seluruh energi foton γ seperti yang terjadi pada efek fotolistrik. Foton γ hanya akan menyerahkan sebagian energinya kepada elektron dan kemudian terhambur sebesar sudut θ terhadap arah gerak foton γ datang (E_o).Elektron yang mula-mula bebas dan diam akan terlempar ke depan dan keluar dari sistem atom. Elektron yang dilepaskan itu disebut sebagai elektron Compton. foton γ yang terhambur (E_γ) setelah tumbukan merupakan fungsi energi γ mula-mula (E_o) dan sudut hamburan (θ). Dituliskan dalam suatu persamaan sebagai berikut:

$$E_\gamma = \frac{E_o}{1 + (E_o/m_o c^2)(1-\cos\theta)} \qquad \text{(II.7)}$$

Di mana m_o adalah massa diam elektron dan c adalah kecepatan cahaya di ruang hampa.



Gambar II.3 : Hamburan Compton[1]

Kebolehjadian total terjadinya hamburan Compton

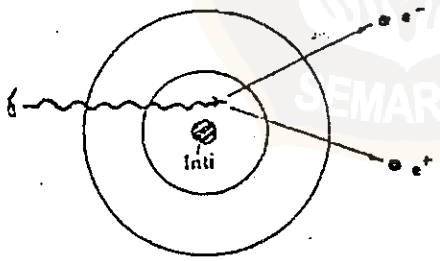
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

tergantung pada nomor atom Z materi yang menjadi sasaran interaksi foton γ.

II.2.3.3. Pembentukan Pasangan

Apabila suatu foton γ yang berenergi cukup tinggi (≥1,02 MeV) melalui medan listrik yang sangat kuat di sekitar inti atom (medan coulomb inti), maka foton γ tersebut akan lenyap dan sebagai gantinya muncul pasangan elektron dan positron. Peristiwa ini disebut efek pembentukan pasangan.

Pembentukan positron dapat dipandang sebagai pemancaran sebuah elektron dari suatu tingkat energi negatif menuju kepada suatu tingkat energi positif dengan meninggalkan suatu lowongan dalam daerah yang biasanya diisi oleh tingkat energi negatif. Lowongan ini adalah positron.



Gambar II. 4 : Pembentukan pasangan[1]

Massa elektron dan positron masing-masing setara dengan energi sebesar 0,511 Mev. Dengan demikian efek

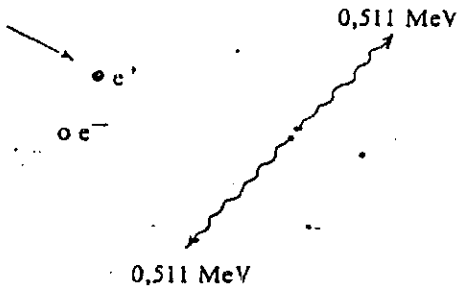
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

pembentukan pasangan akan terjadi jika energi foton γ yang berinteraksi lebih besar dari 2 x 0,511 MeV = 1,022 MeV. Apabila energi foton γ mula-mula adalah E_o MeV, maka kelebihan energi sebesar (E_o - 1,022) MeV akan dibagikan di antara elektron dan positron dalam bentuk energi gerak, dengan memenuhi persamaan:

$$E_o = 2\ m_o c^2 + E_k^{+} + E_k^{-} \qquad \text{(II.8)}$$

Dengan E_k^{+} dan E_k^{-} adalah energi gerak positron dan elektron.

Positron adalah zarah yang tidak stabil dan mempunyai umur yang sangat pendek. Segera setelah terbentuk, positron akan menangkap elektron di sekitarnya setelah menyerahkan energi geraknya. Massa kedua zarah tersebut diubah menjadi dua buah foton γ yang masing-masing berenergi 0,511 MeV dan dipancarkan pada arah yang bertolak belakang 180° satu sama yang lain. Peristiwa ini dinamakan proses anihilasi (pemusnahan) dan ditandai dengan energi foton γ 0,511 MeV tersebut.

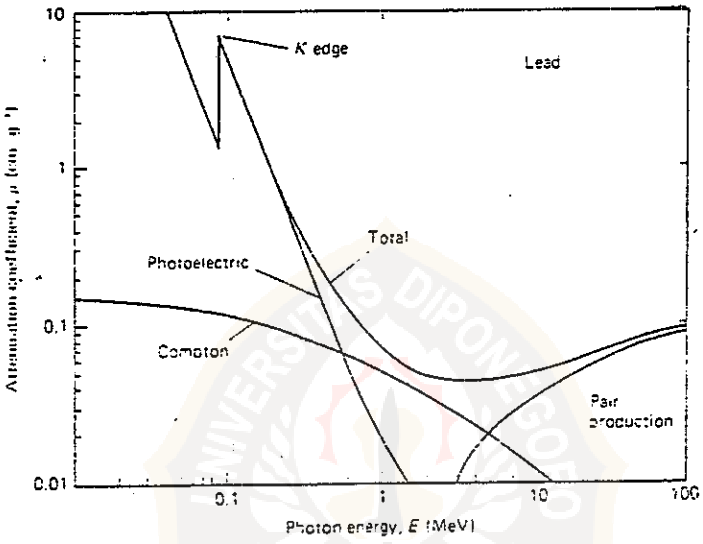


Gambar II.5 : Proses anihilasi[1]

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Kebolehjadian terjadinya efek pembentukan pasangan sebanding dengan kwadrat nomor atom dan naik dengan naiknya tenaga sinar γ. Kebolehjadian tersebut dinyatakan sebagai :

$$K \approx 6.10^{10}\ Z^2\ (3 \log \frac{2E_\gamma}{m_o c^2} - 8) \qquad \text{(II.9)}$$



Grafik II.1 : Koefisien atenuasi sebagai fungsi dari energi foton.

II.3. Detektor Sintilasi

II.3.1. Detektor Nuklir

Detektor ada bermacam-macam jenis[7]. Pada umumnya detektor dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Detektor isian gas
2. Detektor sintilasi
3. Detektor semikonduktor.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

II.3.2 Detektor sintilasi

Detektor sintilasi merupakan suatu transduser yang mengubah radiasi menjadi suatu pendar cahaya. Pendar cahaya ini terjadi bila suatu bahan aktif detektor dilintasi radiasi. Peristiwa pemancaran cahaya ini yang disebut sintilasi sedangkan bahannya disebut sintilator. Dilihat dari jenis bahan pembentuknya sintilator dibedakan menjadi dua macam, yaitu sintilator organik dan sintilator anorganik. Contoh sintilator anorganik adalah NaI(Tl), ZnS(Ag) dan CsI(Tl). Sedangkan sintilator organik digolongkan menjadi jenis cairan, kristal dan plastik. Bahan sintilator organik kristal ada bermacam-macam, antara lain antrasen, stilben dan naphtalen.

Bahan organik mempunyai keuntungan yaitu tidak diperlukannya bahan lain sebagai aktivator fluoresensi seperti halnya sintilator anorganik. Misalnya NaI dan ZnS yang masing-masing memerlukan Tl dan Ag sebagai aktivator. Bahan organik mempunyai beda tegangan antara pita valensi dan pita konduksi antara 3 eV sampai 4 eV.

Di dalam detektor sintilasi, pendar cahaya merupakan gejala yang mewakili informasi fisis radiasi. Untuk itu diperlukan detektor sintilasi yang paling baik. Detektor sintilasi yang ideal mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Efisiensi sintilasi tinggi, yaitu kemampuan detektor mengubah radiasi menjadi foton cahaya.
2. Linearitas baik, yaitu jumlah foton cahaya yang

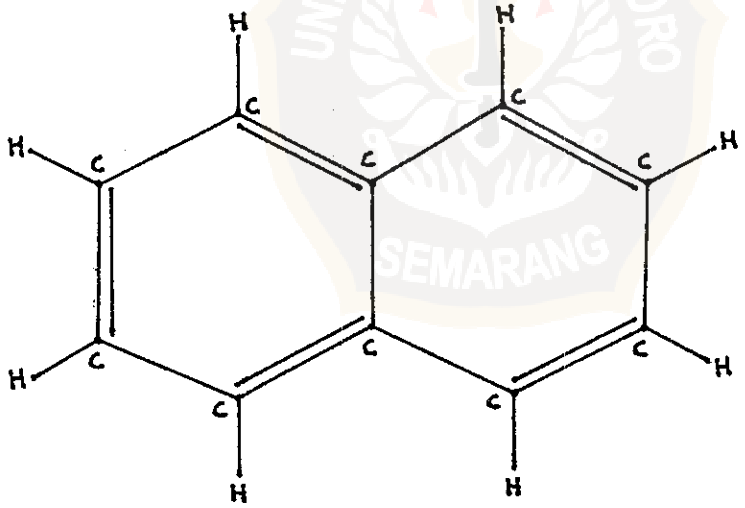
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dihasilkan sebanding dengan energi radiasi yang datang.

3. Medium transparan
4. Waktu peluruhan luminisensi kecil, yaitu 6.10^{-9} detik.
5. Indeks refraksi detektor mendekati gelas, yaitu n = 1,5 agar cahaya dapat diteruskan ke fotokatoda secara efisien.

Salah satu bahan yang memenuhi persyaratan tersebut adalah naphtalen [5].

Naphtalen mempunyai rumus kimia $C_{10}H_8$ dengan berat molekul 128,16. Naphtalen ini berbentuk keping (plates) bening yang larut dalam eter. Naphtalen mempunyai rapat jenis 1,145 gr/cm^3 dengan titik leleh pada 80,2^o C dan titik didih 217,9^o C. Rumus bangun naphtalen dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar II.6 : Rumus bangun naphtalen

Naphtalen adalah senyawa aromatik polisiklik, karena dalam naphtalen terdapat cincin-cincin yang bersama-sama memakai

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

atom karbon tertentu. Senyawa atau hidrokarbon aromatik polisiklik digunakan sebagai pengusir ngengat, bahan bakar dan pelumas. Naphtalen mempunyai λ_{maks} 330 nm.

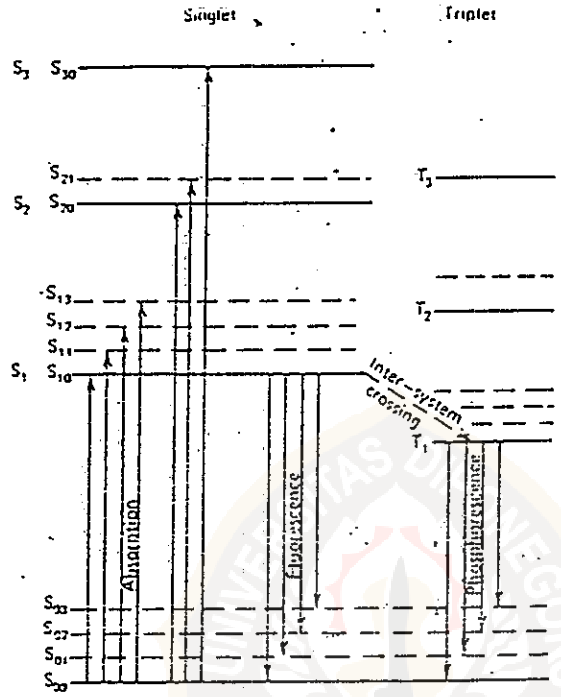
II.3.3. Mekanisme Kerja Detektor Sintilasi Dengan Bahan Organik Naphtalen

Dalam bahan organik naphtalen, pendar cahaya timbul karena adanya transisi tingkat energi dari molekul tunggal. Pendar cahaya yang berupa fluoresensi terjadi pada bahan organik naphtalen tidak tergantung pada bentuk fisiknya. Sedangkan bentuk fisik sintilator organik berupa kristal tunggal, poli kristal atau dalam bentuk cairan yang merupakan bagian dari suatu larutan.

Bahan organik yang digunakan sebagai sintilator mempunyai struktur elektron π. Tingkat-tingkat energi struktur elektron π digambarkan pada gambar 7. Penyerapan energi digambarkan dengan arah panah ke atas. Bila ada partikel β yang melintasi sintilator akan memberikan energi pada atom. Penyerapan energi tersebut menyebabkan elektron tereksitasi ke salah satu tingkat eksitasi (S_1). Bila tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi dari tingkat S_1, maka keadaan ini akan segera mengalami deeksitasi ke tingkat S_1. Demikian pula bila tereksitasi ke tingkat S_{11} atau S_{12}, juga akan segera kembali ke tingkat S_{10}. Sehingga dapat dikatakan seluruh proses fluoresensi yang terjadi dalam bahan organik napthalen, terjadi karena adanya

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

transisi dari S_{10} ke S_o. Proses fluoresensi ini digambarkan dengan arah panah ke bawah. Waktu yang diperlukan untuk peluruhan fluoresensi dari tingkat S_{10} ke tingkat S_1 bahan organik naphtalen berorde nano detik.



Gambar II.7 : Tingkat-tingkat tenaga bahan organik naphtalen dengan struktur elektron π[5]

II.3.4. Mekanisme Kerja Detektor Sintilasi

Proses sintilasi terjadi bila atom sintilator tereksitasi dan diikuti deeksitasi sambil memancarkan foton cahaya. Foton cahaya yang terjadi seketika disebut luminisensi, sedangkan yang terjadi setelah beberapa saat kemudian disebut fosforesensi.

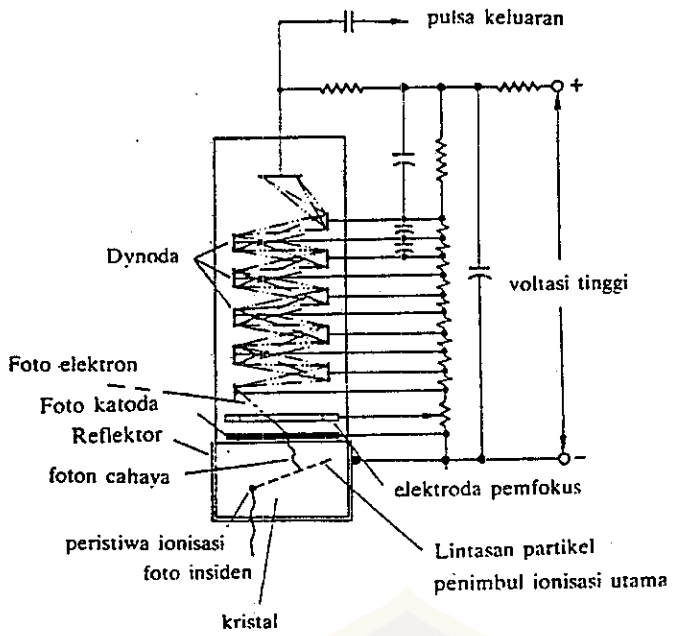
Pada gambar 8 ditunjukkan skema dari detektor sintilasi. Detektor sintilasi terdiri atas dua bagian besar

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

yaitu bagian sintilator dan bagian tabung pengganda elektron (PMT). Partikel β yang datang akan mengeksitasi sintilator, kemudian deeksitasi sambil memancarkan pendar cahaya. Dengan suatu pipa cahaya dan reflektor sebagian besar cahaya tersebut akan diteruskan ke fotokatoda pada PMT. Pada fotokatoda cahaya dari sintilator akan diubah menjadi elektron. Elektron tersebut akan difokuskan dan dipercepat menuju dinoda pertama. Selama gerakannya menuju dinoda pertama, elektron tersebut mendapatkan tambahan energi gerak karena adanya medan listrik yang terpasang antara fotokatoda dan dinoda pertama. Kemudian elektron menumbuk elektron yang ada di dinoda pertama dan dalam proses tumbukan akan dilepaskan elektron-elektron lain.

Elektron-elektron yang telah diperbanyak jumlahnya yang keluar dari dinoda pertama akan dipercepat menuju dinoda kedua sehingga akan menghasilkan elektron lebihbanyak lagi. Demikian seterusnya sehingga sejumlah besar elektron dengan muatan Q terkumpul di anoda dan cukup untuk menimbulkan sebuah pulsa listrik. Pulsa tersebut akan dilewatkan melalui penguat mula dan kemudian diperbesar pulsanya oleh suatu rangkaian penguat linear sehingga siap untuk dianalisa tinggi pulsanya[1,3,4,5,6,7].

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar II.8 : Mekanisme kerja detektor sintilasi[3]

II.3.5. Tabung Pengganda Elektron

Tabung pengganda elektron terdiri atas dua bagian yaitu, pertama bagian foto sensitif (fotokatoda), kedua bagian pengganda elektron (dinoda-dinoda). Bagian pengganda elektron berupa tabung gelas yang dihampakan bagian dalamnya. Pada bagian ujungnya, berlaku sebagai katoda terdiri dari dinding gelas yang dilapisi dengan material yang sensitif terhadap sinar ultra violet, sinar tampak dan sinar infra merah. Bagian lain adalah bagian pengganda elektron yang terbebaskan dari fotokatoda. Dengan fasilitas

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

ini akan terkumpul elektron sebanyak 10^7 sampai dengan 10^{10}. Bila cahaya masuk PMT, maka akan memberikan tanggapan setelah selang waktu 20 sampai 50 nano detik[5,7].

II.3.5.1. Fotokatoda Tabung PMT

II.3.5.1.1. Proses Fotoemisi

Fotokatoda yang merupakan jendela tabung PMT pada sisi yang dimasuki cahaya, bagian dalamnya dilapisi dengan bahan bersifat emisif yang terdiri dari campuran antimon (Na_2KSb atau K_2CsSb).

Terjadinya proses fotoemisi pada fotokatoda dengan melalui tahapan peristiwa sebagai berikut:

1. Penyerapan foton cahaya yang datang dan melepaskan elektron dalam fotokatoda.
2. Perpindahan elektron ke permukaan fotokatoda.
3. Pembebasan elektron dari permukaan fotokatoda.

Untuk cahaya biru yaitu cahaya yang biasa dipancarkan oleh detektor sintilasi, energi yang dibutuhkan untuk merubah cahaya menjadi elektron kira-kira 3 ev. Selanjutnya elektron tersebut akan berpindah ke permukaan fotokatoda dengan mengalami tumbukan antar elektron. Pada saat mengalami tumbukan antar elektron, elektron kehilangan sebagian energinya. Agar elektron tersebut selama berpindah masih mempunyai sisa energi untuk membebaskan diri, maka fotokatoda dibuat dari bahan yang mempunyai potensial ionisasi rendah[5,7].

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

II.3.5.1.2. Emisi Termionik

Elektron konduksi yang berada dalam material fotokatoda mempunyai energi gerak. Apabila terletak dekat dengan permukaan fotokatoda, pada suhu termalpun elektron tersebut akan dapat terbebaskan dan menyebabkan emisi termionik secara spontan yang akan menimbulkan suatu sinyal. Emisi tersebut kecil sekali di dalam logam, tetapi besar di dalam semikonduktor[5,7].

II.3.5.1.3. Efisiensi

Besaran yang penting di dalam detektor sintilasi adalah efisiensi detektor, yang merupakan ukuran kemampuan fotokatoda mengubah foton cahaya menjadi elektron. Efisiensi tersebut didefinisikan sebagai :

$$E_k = \frac{\text{Jumlah elektron yang terpancar}}{\text{Foton cahaya yang datang}} \qquad \text{(II.10)}$$

Untuk fotokatoda yang ideal harga E_k ini 100 %, tetapi pada kenyataannya harga tersebut berkisar antara 20 % sampai 30 %. Di samping efisien bergantung pada besar energi atau panjang gelombang cahaya yang datang. Semakin besar panjang gelombang cahaya yang datang ke fotokatoda semakin kecil kemungkinan elektron yang dihasilkan mempunyai cukup energi untuk membebaskan diri dari permukaan fotokatoda[5].

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

II.3.5.2. Dinoda Pengganda Elektron

Bagian pengganda elektron pada tabung PMT, bekerja berdasar atas adanya pancaran elektron sekunder. Elektron dari fotokatoda akan dipercepat menuju ke dinoda pertama tabung PMT. Energi elektron yang datang ke dinoda cukup untuk membebaskan lebih dari satu elektron. Untuk pelepasan satu elektron pada dinoda memerlukan energi paling sedikit sama dengan lebar pita energi, yaitu $\pm$ 2-3 eV. Sehingga elektron yang meninggalkan fotokatoda dengan energi 1 eV akan dapat membentuk kira-kira 30 elektron bila dipercepat dengan memasang tegangan dinoda 100 volt. Karena gerakan elektron tersebut adalah tidak lurus, sehingga ada elektron dapat dibebaskan sebagai elektron sekunder.

Faktor penggandaan elektron untuk satu tingkat dinoda adalah :

$$\alpha = \frac{\text{Jumlah elektron sekunder yang terbebaskan}}{\text{Elektron primer yang datang}} \qquad \text{(II.11)}$$

Untuk material dinoda yang terdiri atas BeO, MgO atau CsSb harga $\alpha \pm 10$. Agar diperoleh faktor perkalian kira-kira 10 juta, maka dipakai beberapa tingkat dinoda. Untuk N tingkat dinoda dengan faktor penggandaan tiap tingkat d maka diperoleh faktor penggandaan total sebesar M, yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$M = \alpha . d^N \qquad \text{(II.12)}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Harga α adalah fraksi fotoelektron yang dikumpulkan sistem penggandaan elektron, harga untuk dinoda pada umumnya = 1, sedang harga d = 5. Jadi untuk 10 tingkat dinoda, faktor multiplikasi elektron total sebesar 5^{10} atau sekitar 10^7.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)