

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2016

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

FISIKA

BAB XV

Radioaktivitas dan Perangkatnya



Prof. Dr. Susilo, M.S

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT

JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN

2016

1.15 Materi Pokok: Radioaktivitas dan Perangkatnya

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menyajikan informasi tentang pemanfaatan radioaktivitas dan dampaknya bagi kehidupan dengan menggunakan alat-alat ukur, alat peraga, alat hitung dan piranti lunak komputer untuk meningkatkan pembelajarannya.

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menggambarkan pemanfaatan radioaktivitas dan dampaknya bagi kehidupan dengan menggunakan alat-alat ukur, alat peraga, alat hitung dan piranti lunak komputer untuk meningkatkan pembelajarannya.

1.15.1 Manfaat Radioaktif Dalam Kehidupan Sehari Hari

Radioaktivitas disebut juga peluruhan radioaktif, yaitu peristiwa terurainya beberapa inti atom tertentu secara spontan yang diikuti dengan pancaran partikel alfa (*inti helium*), partikel beta (*elektron*), atau radiasi gamma (gelombang elektromagnetik gelombang pendek). Sinar-sinar yang dipancarkan tersebut disebut sinar radioaktif, sedangkan zat yang memancarkan sinar radioaktif disebut dengan *zat radioaktif*.

Istilah keradioaktifan (*radioactivity*) pertama kali diciptakan oleh Marie Curie (1867 – 1934), seorang ahli kimia asal Prancis. Marie dan suaminya, Pierre Curie (1859 – 1906), berhasil menemukan unsur radioaktif baru, yaitu polonium dan radium. Ernest Rutherford (1871 – 1937) menyatakan bahwa sinar radioaktif dapat dibedakan atas sinar alfa yang bermuatan positif dan sinar beta yang bermuatan negatif. Paul Ulrich Villard (1869 – 1915), seorang ilmuwan Prancis, menemukan sinar radioaktif yang tidak bermuatan, yaitu sinar gamma.

Radioaktif merupakan suatu pemancaran partikel dari inti atom dari unsur-unsur tertentu. Di dalam tabel periodik, unsur radioaktif di tunjukkan pada unsur yang memiliki nomor atom di atas 83. Lalu apa fungsinya? Zat radioaktif sendiri merupakan energi alternative yang dikembangkan untuk mencari pengganti energi fosil yang terus menipis jumlahnya. Untuk lebih mudah menggambarkan, pemanfaatan zat radioaktif salah satunya adalah sumber energi dari nuklir. Manfaat radioaktif ini sangat populer di bidang persenjataan modern.

Unsur yang tergolong memiliki zat radioaktif adalah unsur yang memiliki inti atom yang tidak stabil. Biasanya juga disebut radionuklida atau radioisotop. Unsur yang intinya tidak stabil ini memancarkan sinar radiasi, sinar ini yang kemudian disebut sebagai sinar radioaktif. Untuk mengkajinya lebih dalam kita perlu mengetahui sifat-sifat kimia, dan juga kegunaan dari zat radioaktif ini, atau bahkan kita perlu mengetahui apa bahaya dari radioaktif tsb.

Terlepas dari apa sifat dan kegunaan sinar tersebut, penemuan ini kemudian dilanjutkan oleh Henry Becquerel pada tahun 1896 yang mengamati garam uranium. Dia menemukan bahwa garam tersebut memancarkan radiasi, sinar ini mampu menghitamkan plat film meskipun film tersebut berada pada ruang tertutup. Dari penemuan ini, Henry Becquerel menyatakan bahwa sinar tersebut dipancarkan oleh unsur tersebut secara spontan. Unsur yang memancarkan sinar secara spontan disebut sebagai unsur radioaktif, dan sinarnya sendiri disebut sinar radioaktif. Selain Uranium, Marie Curie menemukan unsur lainnya yang bersifat radioaktif yaitu Polonium, dan Radium,

Sinar radioaktif dibagi menjadi 3 jenis, yaitu sinar alfa (α), sinar beta (β), sinar gamma (γ). Sinar alfa merupakan sinar positif, dimana sinar ini ditemukan oleh Ernest Rutherford ketika mengamati inti Helium. Sinar Beta juga ditemukan Rutherford yang mana sinar beta disebut sinar negatif. Untuk sinar gamma di temukan oleh Paul Ulrich Villard. Sinar gamma merupakan sinar yang tidak bermuatan, dimana sinar gamma ini merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang pendek.

Jenis-Jenis Radioaktivitas

Berdasarkan partikel penyusunnya, sinar radioaktif dibagi menjadi tiga, yaitu sinar alfa, sinar beta, dan sinar gamma. Sinar radioaktif tidak akan bisa dilihat secara kasat mata, berbeda dengan sinar yang berasal dari sinar matahari atau sinar tampak lainnya. Sifat-sifat yang sejauh ini ditemukan pada sinar radioaktif adalah:

a) Radioaktivitas Sinar Alfa (Sinar α)

Sinar alfa adalah sinar yang dipancarkan oleh **unsur radioaktif**. Sinar ini ditemukan secara bersamaan dengan penemuan fenomena radioaktivitas, yaitu peluruhan inti atom yang berlangsung secara spontan, tidak terkontrol, dan menghasilkan radiasi. Sinar alfa terdiri atas dua proton dan dua neutron. Berikut ini adalah sifat alamiah sinar alfa.

1. Sinar alfa merupakan inti He.
2. Dapat menghitamkan pelat film (yang berarti memiliki daya ionisasi). Daya ionisasi sinar alfa paling kuat daripada sinar beta dan gamma.
3. Mempunyai daya tembus paling lemah di antara ketiga sinar radioaktif.
4. Dapat dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet.
5. Mempunyai jangkauan beberapa sentimeter di udara dan 102 mm di dalam logam.

Sinar alfa merupakan jenis radioaktivitas yang memiliki muatan positif.

b) Radioaktivitas Sinar Beta (Sinar β)

Sinar beta merupakan elektron berenergi tinggi yang berasal dari inti atom. Berikut ini beberapa sifat alamiah sinar beta.

1. Mempunyai daya ionisasi yang lebih kecil dari sinar alfa.
2. Mempunyai daya tembus yang lebih besar dari pada sinar alfa.
3. Dapat dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet.

Sinar beta merupakan jenis radioaktivitas yang memiliki muatan negatif.

c) Radioaktivitas Sinar Gamma (Sinar γ)

Sinar gamma adalah radiasi gelombang elektromagnetik yang terpancar dari inti atom dengan energi yang sangat tinggi yang tidak memiliki massa maupun muatan. Sinar gamma ikut terpancar ketika sebuah inti memancarkan sinar alfa dan sinar beta.

Peluruhan sinar gamma tidak menyebabkan perubahan nomor atom maupun massa atom. Sinar gamma memiliki beberapa sifat alamiah berikut ini.

1. Sinar gamma tidak memiliki jangkauan maksimal di udara, semakin jauh dari sumber intensitasnya makin kecil.
2. Mempunyai daya ionisasi paling lemah.
3. Mempunyai daya tembus yang terbesar.
4. Tidak membelok dalam medan listrik maupun medan magnet.

Sinar gamma merupakan jenis **radioaktivitas** yang tidak memiliki muatan positif maupun negatif.

Sudah sempat disinggung bahwa sinar Radioaktif memiliki tiga jenis sinar, perbedaan dari ke-tiga sinar tersebut bisa dijelaskan dalam Tabel 15.1, ditambah dengan sinar-X yang merupakan sinar tidak tampak yang mempunyai sifat serupa, sebagai berikut:

Tabel 15.1. Perbedaan sinar α , sinar β , sinar γ , dan sinar-X

	sinar α	sinar β	sinar γ	Sinar-X
Bentuk	Sinar partikel yaitu suatu inti He yang bergerak cepat	Sinar partikel yaitu suatu electron yang bergerak dengan kecepatan tinggi	Sinar GEM dengan λ (panjang gelombang pendek sekali)	Sinar Gelombang elektromagnetik
Asal	Dari proses peluruhan radionuklida atau dari suatu alat akselerator	Dari proses peluruhan inti	Dari isotope radioaktif tertentu	Tabung sinar X
Muatan listrik	Positif (+)	Negative (-)	Tak bermuatan (netral)	Tak bermuatan (netral)
Daya Tembus dan Kecepatan rambat	Rendah & lambat ($\alpha < \beta < \gamma$)	Agak besar dan cepat ($\alpha < \beta < \gamma$)	Besar sekali ($\gamma > \beta > \alpha$)	Lebih kecil dari sinar - γ tergantung tegangan tabung
Daya destruksi *Internal *Eksternal	Besar sekali ($\alpha > \beta > \gamma$) Kecil sekali ($\gamma > \beta > \alpha$)	Agak besar ($\alpha > \beta > \gamma$) Sedang	Kecil ($\gamma < \beta < \alpha$) Besarnya	Besar $\gamma >$ sinar X Kecil
Bahan penahan	Sehelai kertas lapisan tipis udara	Lapisan aluminium tebal mm	Lapisan timbal (Pb) tebal cm-m	Lapisan Pb 1,5 mm
Pengaruh medan magnet	Dibelokkan tajam	Dibelokkan sedikit, arah berlawanan sinar α	Tidak terpengaruh (lurus)	Tidak terpengaruh (lurus)

Manfaat dari Zat Radioaktif

Manfaat radioaktif dalam berbagai bidang kehidupan telah dikembangkan untuk kepentingan manusia, di antaranya adalah bidang kesehatan dan bidang kedokteran. Dengan mengetahui sifat-sifat radioisotop dan sinar radiasi yang dipancarkan maka akan dapat ditemukan kegunaannya di berbagai bidang. Penggunaan radioaktif isotop diantaranya adalah:

a) Kegunaan di bidang kedokteran

Isotop Na-24 di dalam Natrium Clorida (NaCl) digunakan untuk meneliti peredaran darah di dalam tubuh manusia. Selain itu juga ada Isotop I-131 yang digunakan untuk melihat cara kerja getah tiroid yang ada di dalam kelenjar gondok. Tidak hanya itu, ada juga Isotop dari Fe-59 yang di gunakan untuk melihat kecepatan produksi sel darah merah di dalam tubuh seseorang.

Radioisotop juga bisa berfungsi sebagai sumber radiasi yang bisa digunakan untuk terapi penyakit kanker. Terapi kanker tersebut dilakukan dengan menggunakan radiosotop Co-60.

Disamping untuk terapi, sinar radioisotop kerap dimanfaatkan untuk mensterilkan peralatan kedokteran. Terutama peralatan yang digunakan saat operasi. Peralatan kedokteran tentu berbeda dengan peralatan makan sehari-hari. Tidak cukup steril dengan hanya dibersihkan menggunakan air dan sabun saja. Peralatan kedokteran juga perlu disterilkan menggunakan sinar gamma dari radioisotop agar benar-benar steril. Dan juga tidak menimbulkan dampak risiko kepada orang lain ketika harus memakai peralatan operasi yang sama.

b) Kegunaan di bidang biologi

Isotop C-14 dan juga Isotop O-17 saat ini digunakan untuk mengamati proses fotosintesis pada tanaman, Selain itu, Radioisotop dari Natrium dan juga Kalium digunakan dalam penelitian permeabilitas selaput sel.

c) Kegunaan di bidang pertanian

Radiositop juga berperan penting di dalam bidang pertanian. Isotop P-32 digunakan untuk mengetahui cara pemupukan yang sesuai pada tanaman tertentu. Selain itu, Isotop tsb juga digunakan untuk mengetahui kapan umur tanaman yang baik dan siap diberikan pupuk.

Menarik sekali karena radioisotop juga dapat menjadikan sebuah tanaman tumbuh subur dan memproduksi tanaman yang unggul. Bantuan dari sinar gamma mampu menjadikan sebuah tanaman tumbuh dan memproduksi bibit-bibit yang terbilang unggul.

Selain itu juga mampu membuat waktu panen berlangsung lebih cepat dibanding tanpa bantuan dari radio isotop. Sebab sinar gamma digunakan untuk penyinaran dan mengarah pada perubahan bagian kromosom tanaman atau lebih tepatnya adalah sifat dari kromosom tanaman. Sehingga akan mengalami perkembangan dan pertumbuhan yang berbeda dari biasanya.

Selain itu, fungsi radiasi unsur radioaktif juga berguna untuk:

- memberantas hama penyakit dengan mengurangi populasi serangga dengan membuat serangga jantan mandul.
- Mendapatkan bibit tanaman unggul.
- Mengawetkan hasil pertanian seperti bawang dan lobak agar tidak bertunas saat disimpan.

d) Kegunaan di bidang arkeolog

Bagi para arkeolog, Radioisotop dari C-14 digunakan sebagai peruntut untuk mengetahui berapa usia dari fosil yang ditemukan. Umur tanah, dan batuan juga bisa diketahui dengan bantuan unsur radioaktif.

e) Kegunaan di bidang Kimia

Di dalam laboratorium, radioisotop digunakan dalam beberapa reaksi kimia. Dalam reaksi esterifikasi yang membentuk ester dari asam karboksilat dan alkohol. Selain itu digunakan juga pada reaksi fotosintesis di dalam laboratorium menggunakan radioisotop O-18.

f) Dalam bidang Industri

Sinar radiasi juga sangat penting di dalam dunia produksi industri. Sinar radioisotop yang mampu menembus logam padat dan membuat plat film jadi hitam digunakan untuk mendeteksi apakah ada keretakan dan juga mengukur ketebalan pada benda-benda padat. Kongkritnya, radioisotop digunakan untuk:

- Mengukur ketebalan kaca
- Menguji kepadatan benda tanpa merusak benda tersebut
- Mengukur ketebalan kertas
- Menjaga produksi timah dalam pembuatan kaleng
- Mengawetkan benda-benda dari kayu seperti kerajinan tangan

- Untuk mengukur efektifitas oli dan aditif pada mesin

g) Dalam bidang Hidrologi

Radioisotop juga di gunakan untuk melihat endapan lumpur di sungai dan danau tertentu. Dengan begitu akan diketahui kapan dan dititik mana perlu dilakukan pengendapan pada sungai atau danau tertentu. Selain itu, pemanfaatan dalam bidang hidrologi adalah berguna untuk mengetahui kecepatan aliran sungai, serta mendeteksi apakah ada kebocoran pada pipa air bawah tanah.

1.15.2 Dampak Zat Radioaktif

a) Dosis Radiasi

Disatu sisi aplikasi pemanfaatan energi nuklir memberi manfaat bagi kehidupan, namun disisi lain dapat mengandung bahaya karena ADANYA radiasi yang terkandung didalamnya. Perlu juga diketahui bahwa radiasi dalam jumlah yang sangat kecil, tidak mempengaruhi kesehatan kita. Sebagai contoh bahwa dimanapun kita berada tak dapat menghindar dari radiasi, baik yang disebabkan karena sinar kosmik maupun batuan di didalam bumi.

1. Besaran dan Satuan Radiasi

Dosis radiasi dikaitkan dengan banyaknya energi radiasi yang diserap oleh bahan yang dilaluinya. Dikenal beberapa istilah untuk dosis :

- a. Nilai penyinaran (*exposure*) yakni kemampuna radiasi tertentu (sinar X, sinar γ) untuk menimbulkan ionisasi pada medium tertentu.

Satuan untuk besaran dosis ini adalah Rontgen (R) yang didefinisikan sebagai: $R = 2,58 \cdot 10^{-4}$ coulomb

Disamping nilai penyinaran, dikenal kecepatan penyinaran (*exposure rates*) yang menyatakan besar penyinaran persatuan waktu. Satuan yang biasa dipergunakan adalah R/jam atau mR/jam.

- b. Dosis serap (*absorbed dose*) yaitu jumlah energi radaisi yang diserap oleh satu satuan massa/berat dari bahan atau medium yang dilaluinya. Satuan dari dosis serap adalah rad (*radiation absorbed dose*) yang didefinisikan:

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/gram}$$

dalam satuan SI, satuan dosis serap adalah Gray (Gy)

$$1 \text{ Gray} = 1 \text{ joule/kg} \\ = 10^4 \text{ erg/gram}$$

- c. Dosis setara atau dosis ekuivalen (*equivalent dose*) yaitu menyatakan jumlah energi radiasi yang diserap oleh satuan massa bahan atau medium yang dilaluinya, sekaligus dikaitkan dengan efek biologisnya. Satuan yang lazim digunakan adalah rem, Sievert (Sv)

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ joule/kg} \\ = 100 \text{ rem}$$

Hubungan antara rad dan rem adalah

$$R \text{ (dosis dalam rem)} = D \text{ (dosis dalam rad)} \times \text{FK (faktor kualitas)} \times \text{faktor lain}$$

Beberapa nilai faktor kualitas dari berbagai sumber radiasi

Jenis radiasi	FK
Sinar X atau γ , β	1
Sinar alpha	10
Sinar beta 30 KeV	1,7
Sinar beta < 30 KeV	1
Neutron thermal	2,3
Neutron cepat	10

- d. Dosis efektif : jumlah dosis rata-rata dalam organ atau jaringan tubuh dengan menghubungkan nilai bobot masing-masing.
- e. Dosis terikat: dosis terhadap organ atau jaringan tubuh yang akan diterima selama 50 tahun yang disebabkan oleh pemasukan satu macam atau lebih radio nuklida ke dalam organ atau jaringan yang bersangkutan.
- f. Dosis genetik : Dosis genetik terhadap penduduk adalah dosis yang apabila diterima oleh setiap orang sejak awal pembuahan sampai usia reproduksi rata-rata akan menyebabkan akibat genetik yang sama untuk seluruh penduduk seperti halnya dosis yang sesungguhnya diterima oleh setiap individu dalam kelompok penduduk tersebut. Dosis genetik dapat ditentukan sebagai dosis genetik tahunan dikalikan dengan usia rata-rata reproduksi yang ditetapkan sekitar 30 tahun.

b) Batas Dosis Paparan Radiasi

Nilai batas dosis : merupakan jumlah penyinaran eksternal selama masa kerja dan dosis terikat yang berasal dari pemasukan zat radioaktif selama masa tersebut. Radiasi yang mengenai bahan dapat berupa radiasi eksternal maupun internal. Bahaya radiasi eksternal yaitu bahaya radiasi yang disebabkan oleh suatu sumber radiasi yang berada diluar tubuh seperti misalnya Sinar X, sinar γ atau sinar neutron yang mempunyai daya tembus yang besar. Bahaya radiasi internal yaitu bahaya radiasi yang disebabkan oleh suatu sumber radiasi yang berada dalam tubuh. Sumber radiasi internal dapat memasuki tubuh seorang melalui saluran pencernaan, saluran pernafasan atau melalui permukaan kulit yang terluka. Dosis paparan radiasi akumulatif yang masih boleh diterima oleh para pekerja atau petugas radiasi menurut PP No. 11 Tahun 1975 adalah :

$$D = 5 (N - 18) \text{ rem}$$

dengan $N = \text{Umur}$

Nilai batasan dosis paparan radiasi eksternal untuk seseorang telah ditetapkan secara perjanjian internasional. Beberapa tingkat nilai batasan paparan radiasi antara lain :

- Nilai batasan rata-rata tertinggi tahunan = 5 rem
- Nilai batasan rata-rata tertinggi kuartalan = 1,25 rem
- Nilai batasan rata-rata tertinggi mingguan = 0,1 rem
- Nilai batasan tertinggi tahunan = 10 rem
- Nilai batasan tertinggi kuartalan = 3 rem

c) Efek Radiasi Pada Tubuh Manusia

Jika radiasi mengenai tubuh, maka terjadilah ionisasi dan eksitasi molekul-molekul sebagai akibat langsung ataupun tak langsung. Dengan adanya ionisasi terjadilah radikal-radikal bebas yang sangat reaktif terhadap molekul-molekul. Radikal bebas ini merusak sel, yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan struktur atau fungsi sel melalui rentetan reaksi sekunder. Berkaitan dengan pengaruh radiasi pada tubuh manusia, perlu dikenalkan beberapa istilah sebagai berikut:

- Efek somatik, jika radiasi mempengaruhi sel somatik sehingga pengaruhnya muncul pada diri individu yang menerima radiasi.
- Efek genetik atau menurun, jika radiasi mempengaruhi sel-sel germinal sehingga pengaruhnya muncul pada keturunan orang yang terkena radiasi.

- Efek akut, jika pengaruhnya muncul dalam beberapa minggu.
- Efek menahun, jika pengaruhnya muncul dalam beberapa tahun setelah irradiasi.
- Efek non stokastik yaitu adanya hubungan sebab akibat yang pasti antara dosis radiasi yang diterima dengan pengaruh yang ditimbulkannya, baik pada individu yang terkena irradiasi atau pada generasi keturunannya.
- Efek stokastik, yaitu adanya hubungan sebab akibat yang tidak pasti.

Secara umum pengaruh radiasi pada tubuh manusia biasanya dibedakan dalam: efek somatik non stokastik serta efek somatik stokastik dan efek genetik.

1. Efek Somatik Non Stokastik

Efek somatik non stokastik dapat dikatakan sebagai efek yang disebabkan oleh tidak bekerjanya sejumlah sel dalam jaringan yang terkena radiasi, terutama pada jaringan yang mempunyai laju pergantian sel tinggi. Hal ini akan menimbulkan hilangnya elemen-elemen jaringan pembawa fungsi spesifik dan gejala klinisnya dapat dilihat dengan hilangnya fungsi tersebut. Sebagai contoh, apabila sel sum-sum tulang terbunuh, maka penyediaan sel darah putih dalam tubuh akan berkurang atau terhenti, sebagai akibatnya orang tersebut mudah terkena infeksi.

Pada kerusakan pada sel tertentu akan menimbulkan efek spesifik. Efek tersebut akan makin besar dengan meningkatnya dosis, tetapi sebaliknya efek ini tak akan timbul dibawah pengaruh dosis ambang. Seseorang dapat terkena iradiasi pada beberapa bagian tubuh saja atau seluruh tubuh. Misalnya pada kulit, menimbulkan luka bakar pada gonad menimbulkan kemandulan sementara, dalam sumsum tulang menimbulkan infeksi. Irradiasi pada saluran tubuh akan menghasilkan syndrome organ tubuh, yang tingkat kerusakannya bervariasi tergantung besarnya dosis.

Tabel 15.3 Akibat awal dosis

Dosis pada seluruh tubuh (rem)	Akibat/gejala awal kesehatan
< 24	Tidak terdeteksi
25 - 100	Perubahan sementara pada darah teramati secara klinik
100 - 250	Perubahan darah, pendarahan, kelemahan tubuh, tak ada kemauan
250 - 400	Seperti diatas tapi lebih gawat, kemungkinan terjadi kemauan dalam jangka beberapa minggu
> 400	Seperti diatas, kemungkinan kemauan dalam waktu semakin dekat dengan penambahan dosis.

Efek somatik non stokastik hanya terjadi sesudah terjadinya penyerapan dosis radiasi tinggi. Pada keadaan normal efek somatik non stokastik dapat dicegah dengan mentaati nilai batas tertinggi dari dosis yang telah ditetapkan jauh dibawah nilai ambang.

2. Efek Somatik Stokastik

Efek ini timbul apabila radiasi yang menyebabkan terjadinya kelainan dalam tubuh yang bersifat stokastik, misalnya efek ini muncul secara acak dalam suatu populasi yang terkena iradiasi dengan dosis yang sama. Efek radiasi jenis ini dapat terjadi karena penerimaan dosis tinggi dalam waktu singkat (dosis akut) atau dosis kecil dalam waktu panjang secara terus menerus (dosis kronis). Pada umumnya efek radiasi ini timbul dalam jangka waktu lama setelah irradiasi, sehingga sering disebut efek tertunda. Sebagai contoh: kanker paru-paru pada pekerja tambang uranium, leukimia pada para korban bom atom yang selamat, kanker tulang pada pengecat jam radium.

3. Efek Genetik (Menurun)

Efek genetik selalu bersifat stokastik dan muncul pada keturunan orang yang terkena irradiasi. Hal ini diperkirakan karena pada dosis atau laju dosis rendah, bagian tubuh yang paling peka adalah DNA. Setiap perubahan yang terjadi akibat radiasi pada DNA akan menyebabkan terjadinya mutasi. Jika efek genetik muncul pada generasi pertama disebut dominan dan jika berikutnya disebut recessive.

1.15.3 Deteksi & Pengukuran Radiasi

Manusia tidak mempunyai sensor terhadap radiasi pengion, sehingga memerlukan alat untuk mendeteksi dan mengukur radiasi. Prinsip operasi detector adalah sama, yaitu radiasi pengion berinteraksi dengan detektor dan respon yang ditimbulkan sebanding dengan efek radiasi yang datang. Detektor sebagai transduser mengubah energi radiasi menjadi besaran yang dapat diindera (Tabel 15.2).

Tabel 15.2. Efek radiasi secara fisik dan kimia

Efek	Type Alat	Detektor
Ionisasi dalam gas	1. Kamar ionisasi 2. Pencacah proporsional 3. Pencacah Geiger Muller	1. Gas 2. Gas 3. Gas
Ionisasi dan Eksitasi	1. Detektor zat padat	1. Semikonduktor

	2. Detektor kelip 3. Dosimeter termoluminisen	2. Kristal/cairan 3. Kristal
Kimia	1. Film 2. Dosimeter kimia	1. Emulsi Fotografi 2. Padat/cairan
Aktivasi	1. Detektor neutron	1. Zat padat

a) Jenis Detektor

1. Detektor Zat padat

Detektor zat padat merupakan bahan kristal yang memberi efek yang dapat diukur bila dikenai paparan radiasi pengion. Beberapa bahan elektron berada dalam pita-pita tenaga tertentu yang dipisahkan pita-pita terlarang. Elektron biasa berada pada pita tenaga tertinggi yaitu pita valensi. Pemberian tenaga dari foton atau partikel bermuatan ke suatu elektron valensi menaikannya dari pita valensi melalui pita terlarang ke dalam pita eksitasi atau pita konduksi. Kekosongan yang ditimbulkan disebut lubang (ion positif). Kenaikan sebuah elektron ke pita konduksi diketahui sebagai ionisasi. Elektron - lubang seperti pasangan ion negatif dan positif yang bebas bergerak dan adanya potensial listrik akan ditarik secara berlawanan, sehingga memberikan kontribusi konduksi listrik didalam bahan. Bila elektron meningkat ke pita eksitasi prosesnya adalah eksitasi. Jika elektron masih terikat pada lubang oleh tenaga elektrik, elektron tidak disalurkan pada konduksi.

2. Deteksi Konduktivitas

Perubahan dalam konduktivitas disebabkan oleh ionisasi, maka detektor konduktivitas zat padat sama dengan sistem ionisasi gas. Contoh: detektor Kadmium Sulfat (Cds) mirip seperti kamar ionisasi. Sehingga cocok untuk pengukuran laju dosisi gama. Detektor konduktivitas sangat sensitif dan keuntungannya lebih kecil bila dibandingkan kamar ion. Germanium dan Silikon beroperasi dengan pulsa pada detektor zat padat. Germanium harus dioperasikan pada suhu yang sangat rendah. Ukuran pulsa dalam kedua hal adalah proporsional terhadap tenaga yang mengenai detektor. Penggunaan terutama untuk spektrometri gamma. fiengan analisis ukuran pulsa dari detektor, sehingga dapat mengukur tenaga sinar gamma.

3. Detektor Kelip

Detektor kelip didasarkan pada deteksi pendar (fluorescent) yang dipancarkan bila elektron kembali dari keadaan tereksitasi ke pita valensi. Bahan yang dipilih adalah bahan dimana kejadian ini dapat terjadi sangat cepat (kira-kira $1 \mu\text{s}$). Absorpsi tenaga foton gamma sebesar 1 MeV di dalam detektor kelip menghasilkan kira-kira 10.000 eksitasi dan sejumlah yang sama foton cahaya.

b) Pengukuran Radiasi

Dosimeter Perorangan

Beberapa type dosimeter perorangan adalah: dosimeter film (*film badge*), dosimeter termoluminisen (TLD), dosimeter saku, dosimeter neutron cepat, dosimeter kritikalis, dosimeter elektronik.

1. Dosimeter Film (*Film Badge*)

Cara kerja dan pembacaan dosis sesuai dalam efek fotografi dengan menggunakan beberapa macam filter sehingga dapat diukur dosis radiasi β , γ , sinar x dan neutron thermal. Tanpa filter untuk radiasi β , filter Pb untuk radiasi γ , filter Pb-Cd dan Pb-Sn untuk radiasi neutron thermal.

2. Dosimeter Termoluminisen (TLD)

Cara kerja telah dijelaskan detektor termoluminisen. Kekurangan TLD dibandingkan dengan dosimeter yang lain (film) adalah pembacaan dosis hanya sekali saat perusakan dengan pemanasan. TLD digunakan untuk memantau dosis jangka pendek.

3. Dosimeter Neutron Cepat

Dosimeter ini terdiri atas film emulsi nuklir, dibungkus kedap terhadap kelembaban, clipakai seperti pada dosimeter film. Pembungkusan mengandung filter Pb, boron dan plastik untuk melindungi emulsi dari hamburan radiasi neutron. Neutron cepat berinteraksi dengan material dasar film dan menghasilkan pancaran proton, dan menimbulkan jejak ionisasi dan emulsi yang tampak pada film setelah dicuci. Jejak dicacah dengan mikroskop dan jumlah jejak per-cm persegi merupakan pengukuran dosis neutron.

4. Dosimeter Anting (Locket) Kritikalitas

Alat ini dipakai sebagai tambahan pada dosimeter film atau TLD bila bekerja dengan bahan cepat belah seperti: proses dan produksi elemen bahan bakar, reaktor dan kolam pendingin bahan bakar. Kegunaannya untuk mengukur dosis neutron yang sangat tinggi dalam kecelakaan kritikalitas.

5. Elektrometer Serat Kwarsa (Quartz Fibre Elektromere, QFE)

QFE adalah dosimeter saku sebesar bulpen yang dapat secara kontinue menunjukkan akumulasi dosis radiasi gamma. QFE terdiri dari serat kwarsa di dalam kamar ionisasi kecil, per untuk melihat serat kwarsa dan skala yang dikalibrasi dalam satuan rontgen. Elektrometer diberi muatan lewat elektroda tengah, hingga menyebabkan serat kwarsa menyimpang. Bila terkena paparan radiasi γ , udara di dalam kamar terionisasi dan muatan pada elektroda berkurang. Akibatnya penyimpangan serat kwarsa juga berkurang dan perubahan penyimpangan menunjukkan dosis.

6. Dosimeter Elektronik

Prinsip kerja seperti G-M kecil. Kegunaannya menunjukkan tampilan langsung baik untuk kecepatan dosis maupun akumulasi dosis.

c. Proteksi Radiasi

Telah dijelaskan dimuka bahwa radiasi eksterna berasal dari zat radioaktif yang berasal dari luar tubuh. Sebagai sumber radiasi, pesawat sinar X dan alat lain yang khusus dirancang bangun untuk menghasilkan radiasi atau alat-alat yang menghasilkan sinar X. Tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh radiasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Jenis sumber radiasi
2. Lama penyinaran, makin lama penyinaran terhadap subyek, makin besar tingkat kerusakan yang terjadi. Dosis Penyinaran juga memegang peran.
3. Jarak sumber radiasi dengan subyek, makin dekat jarak antara sumbu radiasi dengan subyek, makin parah tingkat kerusakan yang terjadi. Paparan radiasi berkurang dengan makin jauhnya jarak dari sumber radiasi. Besarnya laju dosis dirumuskan:

$$D = k / (d^2)$$

Dengan

D = laju dosis

k = tetapan yang tergantung pada sumber

d = jarak

4. Perisai (Penghalang)

Adanya penghalang, akan mengurangi dosis paparan. Selain itu ketebalan dan jenis bahan pembuat penghalang tersebut juga mempengaruhi jumlah dosis paparan yang melaluinya. Jumlah dan jenis bahan penghalang radiasi yang diperlukan bergantung dari sumber-sumber radiasi yang dihadapi. Untuk partikel alfa, lembar kertas cukup untuk menahan partikel alfa; untuk radiasi betha diperlukan perisai perspex sampai 10 mm untuk menahan seluruh radiasi. Untuk radiasi gamma dan sinar X, diperlukan pengertian waktu paro.

d. Referensi

Beiser, Arthur.1983. Konsep Fisika Modern. Jakarta. Erlangga

Giancoli, Douglas C. 2001. Fisika Jilid 2 edisi kelima (Terjemahan).Jakarta. Erlangga.

Halliday dan Resnik.1991. Fisika Jilid 2 (Terjemahan). Jakarta Erlangga