

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Teknologi Nuklir**

Teknologi nuklir adalah teknologi yang melibatkan reaksi dari inti atom (*inti=nuclei*). Teknologi nuklir dapat ditemukan pada berbagai aplikasi, dari yang sederhana seperti detektor asap hingga sesuatu yang besar seperti reaktor nuklir.

Kejadian pada kehidupan sehari-hari, fenomena alam, jarang sekali berkaitan dengan reaksi nuklir. Hampir semuanya melibatkan gravitasi dan *elektromagnetisme*. Keduanya adalah bagian dari empat gaya dasar dari alam, dan bukanlah yang terkuat. Namun dua lainnya, gaya nuklir lemah dan gaya nuklir kuat adalah gaya yang bekerja pada range yang pendek dan tidak bekerja di luar inti atom. Inti atom terdiri dari muatan positif yang sesungguhnya akan saling menjauhi jika tidak ada suatu gaya yang menahannya.

Fenomena baru mengenai *radioaktivitas* diketahui sejak adanya paten di dunia kedokteran yang melibatkan *radioaktivitas*. Secara perlahan, diketahui bahwa radiasi yang diproduksi oleh peluruhan radioaktif adalah radiasi terionisasi. Banyak peneliti radioaktif di masa lalu mati karena kanker sebagai hasil dari pemaparan mereka terhadap radioaktif. Paten kedokteran mengenai radioaktif kebanyakan telah terhapus, namun aplikasi lain yang melibatkan material radioaktif masih ada, seperti penggunaan garam radium untuk membuat benda-benda yang berkilau.

Sejak atom menjadi lebih dipahami, sifat *radioaktifitas* menjadi lebih jelas. Beberapa inti atom yang berukuran besar cenderung tidak stabil, sehingga peluruhan terjadi hingga selang waktu tertentu sebelum mencapai kestabilan. Tiga bentuk radiasi yang ditemukan oleh Becquerel dan Curie ternyata juga telah dipahami; peluruhan alfa terjadi ketika inti atom melepaskan partikel alfa, yaitu dua *proton* dan dua *neutron*, setara dengan inti atom *helium*; peluruhan beta terjadi ketika pelepasan partikel beta, yaitu *elektron* berenergi tinggi; peluruhan gamma melepaskan sinar *gamma*, yang tidak sama dengan radiasi *alfa* dan *beta*, namun merupakan radiasi *elektromagnetik* pada frekuensi dan energi yang sangat tinggi. Ketiga jenis radiasi terjadi secara alami, dan radiasi sinar gamma adalah yang paling berbahaya dan sulit ditahan.

Aplikasi medis dari teknologi nuklir dibagi menjadi diagnosa dan terapi radiasi, perawatan yang efektif bagi penderita kanker. Pencitraan (sinar X dan sebagainya), penggunaan *Teknesium* untuk diberikan pada molekul organik, pencarian jejak radioaktif dalam tubuh sebelum diekskresikan oleh ginjal, dan lain-lain.

Kecelakaan nuklir diakibatkan oleh energi yang terlalu besar yang seringkali sangat berbahaya. Pada sejarahnya, insiden pertama melibatkan pemaparan radiasi yang fatal. Marie Curie meninggal akibat aplastik anemia yang merupakan hasil dari pemaparan nuklir tingkat tinggi. Dua peneliti Amerika, Harry Daghlian dan Louis Slotin, meninggal akibat penanganan massa *plutonium* yang salah. Tidak seperti senjata

konvensional, sinar yang intensif, panas, dan daya ledak bukan satu-satunya komponen mematikan bagi senjata nuklir. Diperkirakan setengah dari korban meninggal di Hiroshima dan Nagasaki meninggal setelah dua hingga lima tahun setelah pemaparan radiasi akibat bom atom.

Kecelakaan *radiologis* dan nuklir sipil sebagian besar melibatkan pembangkit listrik tenaga nuklir. Yang paling sering adalah pemaparan nuklir terhadap para pekerjanya akibat kebocoran nuklir. Kebocoran nuklir adalah istilah yang merujuk pada bahaya serius dalam pelepasan material nuklir ke lingkungan sekitar. Yang paling terkenal adalah kasus *Three Mile Island* di Pennsylvania dan *Chernobyl* di Ukraina. *Reaktor militer* yang mengalami kecelakaan yang sama adalah *Windscale* di Inggris dan *SL-1* di Amerika Serikat.

### **3.2. Radiasi / Peluruhan radioaktif**

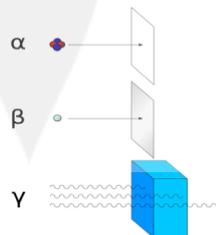
Peluruhan radioaktif adalah kumpulan beragam proses di mana sebuah inti atom yang tidak stabil memancarkan partikel *subatomik* (partikel radiasi). Peluruhan terjadi pada sebuah *nukleus* induk dan menghasilkan sebuah *nukleus* anak. Ini adalah sebuah proses "acak" (*random*) sehingga sulit untuk memprediksi peluruhan sebuah atom.

Satuan internasional (*SI*) untuk pengukuran peluruhan radioaktif adalah *becquerel* (*Bq*). Jika sebuah material radioaktif menghasilkan 1 buah kejadian peluruhan tiap 1 detik, maka dikatakan material tersebut mempunyai aktivitas 1 *Bq*. Karena biasanya

sebuah sampel material radiaktif mengandung banyak atom, 1 becquerel akan tampak sebagai tingkat aktivitas yang rendah; satuan yang biasa digunakan adalah dalam orde gigabecquerels.

Radioaktivitas pertama kali ditemukan pada tahun 1896 oleh ilmuwan Perancis Henri Becquerel ketika sedang bekerja dengan material fosforen. Material semacam ini akan berpendar di tempat gelap setelah sebelumnya mendapat paparan cahaya, dan dia berfikir pendaran yang dihasilkan tabung katode oleh sinar-X mungkin berhubungan dengan fosforesensi. Karenanya ia membungkus sebuah pelat foto dengan kertas hitam dan menempatkan beragam material fosforen di atasnya. Kesemuanya tidak menunjukkan hasil sampai ketika ia menggunakan garam uranium. Terjadi bintik hitam pekat pada pelat foto ketika ia menggunakan garam uranium tersebut.

Tetapi kemudian menjadi jelas bahwa bintik hitam pada pelat bukan terjadi karena peristiwa fosforesensi, pada saat percobaan, material dijaga pada tempat yang gelap. Juga, garam uranium nonfosforen dan bahkan uranium metal dapat juga menimbulkan efek bintik hitam pada pelat.



**Gambar 1. Alfa Beta Gamma Radiation,  
(Berkas:alfa\_beta\_gamma\_radiation.svg,2009)**

Laju peluruhan, atau aktivitas, dari material radioaktif ditentukan oleh:

Konstanta:

- a. Waktu paruh - simbol  $T_{1/2}$  - waktu yang diperlukan sebuah material radioaktif untuk meluruh menjadi setengah bagian dari sebelumnya.
- b. Rerata waktu hidup - simbol  $\tau$  - rerata waktu hidup (umur hidup) sebuah material radioaktif.
- c. Konstanta peluruhan - simbol  $\lambda$  - konstanta peluruhan berbanding terbalik dengan waktu hidup (umur hidup).

(Perlu dicatat meskipun konstanta, mereka terkait dengan perilaku yang secara statistik acak, dan prediksi menggunakan konstanta ini menjadi berkurang keakuratannya untuk material dalam jumlah kecil. Tetapi, peluruhan radioaktif yang digunakan dalam teknik penanggalan sangat handal. Teknik ini merupakan salah satu pertaruhan yang aman dalam ilmu pengetahuan sebagaimana yang disampaikan).

Variabel:

Aktivitas total - simbol  $A$  - jumlah peluruhan tiap detik.

Aktivitas khusus - simbol  $A_m$  - jumlah peluruhan tiap detik per jumlah substansi. "Jumlah substansi" dapat berupa satuan massa atau volume.

Persamaan:

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \tau \ln(2)$$
$$A = \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$
$$S_A a_0 = \left. \frac{dN}{dt} \right|_{t=0} = -\lambda N_0$$

dimana

$a_0$  adalah jumlah awal material aktif.

Satuan aktivitas adalah: becquerel (simbol  $Bq$ ) = jumlah disintegrasi (pelepasan) per detik; curie ( $Ci$ ) =  $3.7 \times 10^{10}$  disintegrasi per detik; dan disintegrasi per menit ( $dpm$ ).

Sebagaimana yang disampaikan di atas, peluruhan dari inti tidak stabil merupakan proses acak dan tidak mungkin untuk memperkirakan kapan sebuah atom tertentu akan meluruh, melainkan ia dapat meluruh sewaktu waktu. Karenanya, untuk sebuah sampel *radioisotop* tertentu, jumlah kejadian peluruhan  $-dN$  yang akan terjadi pada selang (*interval*) waktu  $dt$  adalah sebanding dengan jumlah atom yang ada sekarang. Jika  $N$  adalah jumlah atom, maka kemungkinan (*probabilitas*) peluruhan ( $-dN/N$ ) sebanding dengan  $dt$ :

$$\left( -\frac{dN}{N} \right) = \lambda \cdot dt$$

Masing-masing inti radioaktif meluruh dengan laju yang berbeda, masing-masing mempunyai konstanta peluruhan sendiri ( $\lambda$ ). Tanda negatif pada persamaan menunjukkan bahwa jumlah  $N$  berkurang seiring dengan peluruhan. Penyelesaian dari persamaan diferensial orde 1 ini adalah fungsi berikut:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Fungsi di atas menggambarkan peluruhan *exponensial*, yang merupakan penyelesaian pendekatan atas dasar dua alasan. Pertama, fungsi *exponensial* merupakan fungsi berlanjut, tetapi kuantitas fisik  $N$  hanya dapat bernilai bilangan bulat positif. Alasan kedua, karena persamaan ini menggambarkan dari sebuah proses acak, hanya benar secara statistik. Akan tetapi juga, dalam banyak kasus, nilai  $N$  sangat besar sehingga fungsi ini merupakan pendekatan yang baik.

Selain konstanta peluruhan, peluruhan radioaktif sebuah material biasanya juga dicirikan oleh rerata waktu hidup. Masing-masing atom "hidup" untuk batas waktu tertentu sebelum ia meluruh, dan rerata waktu hidup adalah rerata aritmatika dari keseluruhan waktu hidup atom-atom material tersebut. Rerata waktu hidup disimbolkan dengan  $\tau$ , dan mempunyai hubungan dengan konstanta peluruhan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Parameter yang lebih biasa digunakan adalah waktu paruh. Waktu paruh adalah waktu yang diperlukan sebuah inti radioaktif untuk meluruh menjadi separuh bagian dari sebelumnya. Hubungan waktu paruh dengan konstanta peluruhan adalah sebagai berikut:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Hubungan waktu paruh dengan konstanta peluruhan menunjukkan bahwa material dengan tingkat radioaktif yang tinggi akan cepat habis, sedang materi dengan tingkat radiasi rendah akan lama habisnya. Waktu paruh inti radioaktif sangat bervariasi, dari mulai  $10^{24}$  tahun untuk inti hampir stabil, sampai  $10^{-6}$  detik untuk yang sangat tidak stabil.

### **3.3. Proteksi Radiasi**

Proteksi radiasi adalah perlindungan masyarakat dan lingkungan dari efek berbahaya dari radiasi pengion, yang meliputi radiasi partikel energi tinggi dan radiasi elektromagnet. Menurut BAPETEN, proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi.

Dari pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa proteksi radiasi adalah ilmu yang mempelajari tentang teknik yang digunakan oleh manusia untuk melindungi dirinya, orang disekitarnya maupun keturunannya dari paparan radiasi. Dari segi ilmiah dan teknik, ruang lingkup proteksi radiasi terutama meliputi :

- a. Pengukuran fisika berbagai jenis radiasi dan zat radioaktif.
- b. Menentukan hubungan antara tingkat kerusakan biologi dengan dosis radiasi yang diterima organ/ jaringan.
- c. Penelaahan transportasi radionuklida di lingkungan.

- d. Melakukan desain terhadap perlengkapan kerja, proses dan sebagainya untuk mengupayakan keselamatan radiasi baik di tempat kerja maupun lingkungan.

Proteksi radiasi dapat dibagi menjadi beberapa macam yaitu :

- a. Proteksi radiasi kerja merupakan perlindungan pekerja.
- b. Proteksi radiasi medis merupakan perlindungan pasien dan radiografer.
- c. Proteksi radiasi masyarakat merupakan perlindungan individu, anggota masyarakat, dan penduduk secara keseluruhan.

Jenis-jenis *eksposur*, serta peraturan pemerintah dan batas paparan hukum yang berbeda untuk masing-masing kelompok, sehingga masing-masing harus dipertimbangkan secara terpisah.

Prosedur yang biasa dipakai untuk mencegah dan mengendalikan bahaya radiasi adalah :

- a. Meniadakan bahaya radiasi.
- b. Mengisolasi bahaya radiasi dari manusia.
- c. Mengisolasi manusia dari bahaya radiasi.

Untuk menerapkan tiga prosedur proteksi radiasi di atas dilaksanakan oleh petugas proteksi radiasi. Prosedur utama cukup jelas dengan mentaati dan melaksanakan peraturan proteksi radiasi; kedua dengan merancang tempat kerja dan menggunakan peralatan

proteksi radiasi yang baik dan penahan radiasi yang memadai sehingga kondisi kerja dan lingkungannya aman dan selamat; dan ketiga memerlukan pemantauan dan pengawasan secara terus menerus baik pekerja radiasi maupun lingkungannya dengan menggunakan alat pemantauan perorangan, pemantauan lingkungan dan *surveimeter*.

Para penguasa instalasi nuklir sesuai dengan segala keturunan yang berlaku wajib menyusun program proteksi radiasi sejak proses perencanaan, tahap pembangunan instalasi, dan pada tahap operasi. Program proteksi radiasi ini dimaksudkan untuk menekan serendah mungkin kemungkinan terjadinya kecelakaan radiasi. Dalam penyusunan program ini diperlukan adanya prinsip penerapan prinsip keselamatan radiasi dalam pengoperasian suatu instalasi nuklir sesuai dengan rekomendasi oleh Komisi Internasional untuk Perlindungan Radiologi (ICRP).

Dalam pemanfaatan teknologi nuklir, faktor keselamatan manusia harus mendapatkan prioritas utama. Program proteksi radiasi bertujuan melindungi para pekerja radiasi serta masyarakat umum dari bahaya radiasi yang ditimbulkan akibat penggunaan zat radioaktif atau sumber radiasi lainnya. Ada tiga hal penting yang perlu mendapatkan perhatian untuk mencegah terjadinya kecelakaan radiasi sehubungan dengan pengoperasian instalasi nuklir, yaitu :

- a. Adanya peraturan perundangan dan standar keselamatan dalam bidang keselamatan nuklir;

- b. Pembangunan instalasi nuklir dilengkapi dengan sarana peralatan keselamatan kerja dan sarana pendukung lainnya yang sempurna sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan sebelumnya, dengan memperhatikan laporan analisis keselamatan berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku dan ketentuan lain yang ditetapkan oleh instansi yang berwenang;
- c. Tersedianya personil dengan bekal pengetahuan memadai dan memahami sepenuhnya tentang keselamatan kerja terhadap radiasi.

Prinsip Proteksi Radiasi meliputi :

- a. Menggunakan Pelindung (*Shielding*)

Penggunaan perisai/pelindung berupa apron berlapis *Pb*, *glove Pb*, kacamata *Pb* dsb yang merupakan sarana proteksi radiasi individu. Tidak menghandle hewan secara langsung, hewan dapat disedasi atau bila perlu *dianestesi*.

Proteksi terhadap lingkungan terhadap radiasi dapat dilakukan dengan melapisi ruang radiografi menggunakan *Pb* untuk menyerap radiasi yang terjadi saat proses radiografi.

- b. Menjaga Jarak

Radiasi dipancarkan dari sumber radiasi ke segala arah. Semakin dekat tubuh kita dengan sumber radiasi maka paparan radiasi yang kita terima akan semakin besar. Pancaran radiasi sebagian akan menjadi pancaran

hamburan saat mengenai materi. Radiasi hamburan ini akan menambah jumlah dosis radiasi yang diterima. Untuk mencegah paparan radiasi tersebut kita dapat menjaga jarak pada tingkat yang aman dari sumber radiasi.

#### c. Mempersingkat Waktu Paparan

Sedapat mungkin diupayakan untuk tidak terlalu lama berada di dekat sumber radiasi saat proses radiografi. Hal ini untuk mencegah terjadinya paparan radiasi yang besar. Pengaturan *mAs* yang tepat, dengan waktu paparan 0,0.. detik lebih baik dari pada 1 detik. Nilai *kVp* yang digunakan cukup tinggi sehingga daya tembus dalam radiografi cukup baik. dengan demikian maka pengulangan radiografi dapat dicegah.

### 3.4. iOS

*iOS* (sebelumnya *iPhone OS*) adalah sistem operasi perangkat bergerak yang dikembangkan dan didistribusikan oleh Apple Inc. Sistem operasi ini pertama diluncurkan tahun 2007 untuk *iPhone* dan *iPod Touch*, dan telah dikembangkan untuk mendukung perangkat Apple lainnya seperti *iPad* dan *Apple TV*. Tidak seperti *Windows Phone* (*Windows CE*) *Microsoft* dan *Android Google*, Apple tidak melisensikan *iOS* untuk diinstal di perangkat keras non-Apple. Pada 12 September 2012, *App Store Apple* berisi lebih dari 700.000 aplikasi *iOS*, yang secara kolektif telah diunduh lebih dari 30 miliar kali. OS ini memiliki pangsa pasar 14,9% untuk unit sistem operasi

perangkat bergerak telepon cerdas yang dijual pada kuartal ketiga 2012, terbanyak setelah *Android Google*.

Pada bulan Juni 2012, *iOS* mencakup 65% konsumsi data web perangkat bergerak (termasuk di *iPod Touch* dan *iPad*). Pada pertengahan 2012, terdapat 410 juta perangkat bergerak yang diaktifkan. Menurut Apple pada tanggal 12 September 2012, 400 juta perangkat bergerak *iOS* telah dijual sepanjang bulan Juni 2012.

Antarmuka pengguna *iOS* didasarkan pada konsep manipulasi langsung menggunakan gerakan multisentuh. Elemen kontrol antarmukanya meliputi *slider*, *switch*, dan tombol. Interaksi dengan *OS* ini mencakup gerakan seperti geser, sentuh, jepit, dan jepit buka, masing-masing memiliki arti tersendiri dalam konteks sistem operasi *iOS* dan antarmuka multisentuhnya. Akselerometer internalnya dipakai oleh sejumlah aplikasi agar bisa merespon terhadap pengguncangan alat (misalnya membatalkan tindakan) atau memutarinya dalam tiga dimensi (misalnya beralih dari mode potret ke lanskap).

*iOS* diturunkan dari *OS X*, yang memiliki *fondasi Darwin* dan karena itu *iOS* merupakan sistem operasi *Unix*. *iOS* adalah versi bergerak dari sistem operasi *OS X* yang dipakai di komputer-komputer Apple.

Di *iOS*, ada empat lapisan abstraksi, yaitu *Core OS*, *Core Services*, *Media*, dan *Cocoa Touch*. Versi terbaru sistem operasi ini (*iOS 6.0*) menyisihkan 1-1,5 GB memori perangkat bergerak untuk partisi sistem

dengan memakai 800 MB partisi (tergantung model) untuk iOS-nya saja.

### **3.5. Peta**

Peta adalah gambaran permukaan bumi pada bidang datar dengan skala tertentu melalui suatu sistem proyeksi. Peta bisa disajikan dalam berbagai cara yang berbeda, mulai dari peta konvensional yang tercetak hingga peta digital yang tampil di layar komputer. Istilah peta berasal dari bahasa Yunani mappa yang berarti taplak atau kain penutup meja. Namun secara umum pengertian peta adalah lembaran seluruh atau sebagian permukaan bumi pada bidang datar yang diperkecil dengan menggunakan skala tertentu. Sebuah peta adalah representasi dua dimensi dari suatu ruang tiga dimensi.