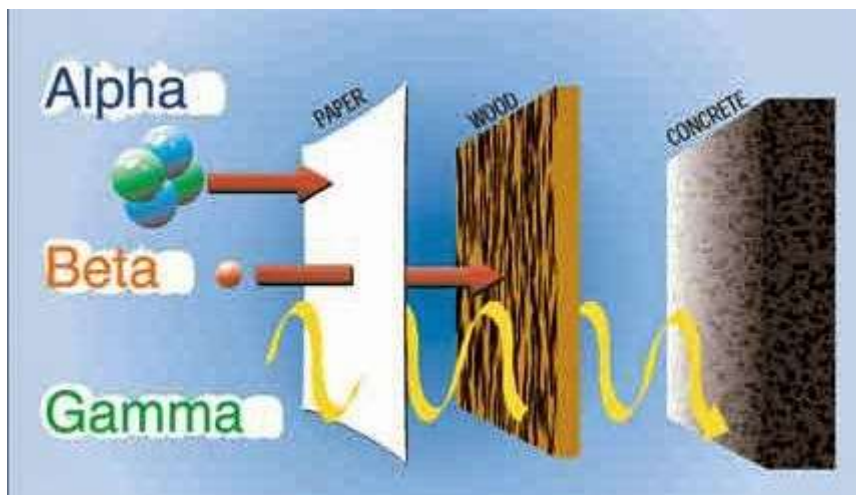


#12

RADIASI MATERI PERTEMUAN #12 (Online #11)

Radiasi atau pancaran dapat didefinisikan sebagai suatu proses dimana energi dilepaskan oleh suatu atom. Menurut Badan Tenaga Nuklir Nasional, radiasi adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang. Jadi, radiasi kedokteran adalah energi yang dipancarkan oleh atom dalam bentuk partikel atau gelombang yang digunakan dalam dunia kedokteran, baik untuk tujuan diagnosis maupun tujuan pengobatan (terapi). Ada beberapa radiasi yang kita terima setiap saat, baik yang berasal dari alam maupun dari buatan manusia. Radiasi tersebut ada yang bermanfaat atau berdampak positif dan ada yang merugikan atau berdampak negatif bagi tubuh manusia, hewan, maupun tumbuh-tumbuhan.



Gambar 1. Daya tembus radiasi

Pengetahuan kita sangat terbatas mengenai mana radiasi yang bermanfaat dan mana yang merugikan bagi tubuh manusia, sehingga perlu mendapatkan perhatian yang serius agar radiasi tersebut tidak merusak tubuh atau mengusahakan agar radiasi untuk tujuan diagnosis ataupun terapi sekecil mungkin dengan mempertimbangkan berbagai faktor, sehingga jumlah radiasi yang diterima oleh seseorang pertahun tidak melebihi batas ambang yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Bapeten). Walaupun dosis radiasi yang diterima dari diagnosis maupun terapi dapat dihitung, namun kita juga menerima radiasi dari luar tujuan tersebut, misalnya dari sinar kosmik,

sinar ultraviolet, dari lingkungan bebas maupun di dalam rumah yang berasal dari bahan bangunan batako, pasir semen, kayu dan lain-lain, yang sulit untuk kita ukur besar dosisnya, karena masing-masing orang menerima radiasi yang berbeda.

JENIS-JENIS RADIASI

Perkembangan ilmu kedokteran saat ini, termasuk radiologi dan kedokteran nuklir sangat pesat, didukung oleh perkembangan teknologi instrumentasi untuk pembuatan citra alat tubuh dengan komputer sebagai pengolah data. Kini telah berkembang menjadi peralatan canggih kamera gamma dan kamera positron yang dapat menampilkan citra alat tubuh dua dimensi ataupun tiga dimensi baik bersifat statis maupun dinamis. Dalam kedokteran nuklir, menggunakan sumber radiasi terbuka buatan yang berasal dari disintegrasi inti radionuklida, baik yang dimasukkan ke dalam tubuh pasien (studi *invivo*) maupun hanya direaksikan saja dalam bahan biologis yang diambil dari tubuh pasien (studi *in-vitro*).



Gambar 2. Bagan jenis-jenis radiasi

Menurut massanya radiasi dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu radiasi korpuskuler (corpuscular radiation) dan radiasi elektromagnetik (electromagnetics radiation). Radiasi korpuskuler adalah pancaran atom-atom atau partikel sub atom yang mempunyai kemampuan memindahkan energi geraknya atau energi kinetiknya ke bahan-bahan yang ditumbuknya. Sedangkan radiasi elektromagnetik adalah pancaran gelombang yang punya medan listrik dan magnet yang dapat menyebabkan perubahan

struktur dalam atom dari bahan yang dilaluinya. Jadi radiasi elektromagnetik adalah radiasi yang tidak memiliki massa, terdiri dari gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, gelombang tampak, sinar-X, sinar gamma dan sinar kosmik. Sedangkan radiasi korpuskuler (radiasi partikel) adalah radiasi yang memiliki massa, di antaranya partikel alfa, beta dan neutron. Partikel alfa dan beta ini dihasilkan dari peluruhan zat radioaktif yang terurai menjadi satu atau beberapa partikel lain.

Energi radiasi dapat mengeluarkan elektron dari atom. Elektron yang dikeluarkan itu dapat mengikat atom netral lainnya dan membentuk ion negatif sedangkan atom yang ditinggalkan elektron menjadi bermuatan positif. Peristiwa pembentukan ion negatif dan positif ini disebut ionisasi.⁶ Dalam proses aktivasi inti ini unsur-unsur yang semula tidak bersifat radioaktif menjadi bersifat radioaktif sehingga dapat memancarkan radiasi. Umumnya adalah radiasi gamma yang sering disebut reaksi neutron gamma. Tidak semua radiasi menimbulkan ionisasi, sehingga radiasi dapat digolongkan menjadi 2 yaitu radiasi yang tidak dapat menimbulkan ionisasi dan yang dapat menimbulkan ionisasi. Radiasi yang tidak dapat menimbulkan pasangan ion yaitu radiasi yang punya panjang gelombang lebih dari 100\AA apabila bertumbukan dengan medium. Di antaranya adalah radiasi gelombang elektromagnetik yaitu: sinar ultraviolet, sinar inframerah dan gelombang infrasonik. Radiasi yang dapat menimbulkan pasangan ion adalah radiasi yang mempunyai panjang gelombang lebih pendek dari 100\AA apabila berinteraksi dengan medium. Radiasi tersebut diantaranya radiasi elektromagnetik sinar X, sinar gamma, dan semua jenis radiasi partikel.

PENGGUNAAN DAN BAHAYA RADIASI

Penggunaan radiasi ionisasi dalam dunia kedokteran jauh lebih besar dibandingkan dengan penggunaan radiasi non ionisasi, akan tetapi efek samping dari penggunaan radiasi ionisasi tersebut jauh lebih besar. Penggunaan radiasi non ionisasi diantaranya adalah; gelombang mikro, gelombang pendek, gelombang ultrasonik untuk pengobatan nyeri otot, nyeri sendi, neuritis dan lain-lain.⁵ Di samping itu yang cukup banyak digunakan saat ini adalah radiasi gelombang elektromagnetik ultra panjang. Walaupun banyak keuntungan yang didapatkan dari gelombang elektromagnetik ini, tetapi dampak negatif yang dihasilkannya juga ada. Ponsel dan radar terutama yang dipakai dekat dengan tubuh dapat mengagitasi molekul air yang ada dalam tubuh dan

bila intensitas radiasinya kuat, maka molekul air akan terionisasi. Dampak yang ditimbulkan merupakan radiasi nuklir.

Jaringan nirkabel wireless-fidelity (Wi-Fi) dan transmisi telepon seluler (ponsel) dapat berefek kerusakan kromosom, berdampak pada kapasitas konsentrasi, dan menurunnya memori jangka pendek, serta meningkatnya kejadian berbagai tipe kanker.^{10,11} Di dalam rumah banyak jenis peralatan yang perlu diwaspadaimeningkatkan radiasi yang diterima oleh tubuh, diantaranya: mikrowave yang menimbulkan gelombang elektromagnetik cukup besar, telepon genggam, kabel listrik yang mengandung campuran logam dan zat berbahaya terutama pada pembungkusnya yang mengandung Poly Vinyl Chlorida (PVC) dan timbal (Pb), yang bila zat ini menguap ke udara mengakibatkan mual, muntah, dan kepala pusing apalagi bila terjadi kebakaran. Pipa paralon juga mengandung PVC sehingga air minum yang mengalir di dalamnya berisiko teracun PVC. Bila air yang teracun diminum, sehingga racun menumpuk dalam tubuh dapat menyebabkan kanker hati. Perkakas makan dari melamin mengandung senyawa kimia formaldehid yang mengkontaminasi makanan atau air yang dikonsumsi dan berpeluang terjadinya penyakit kanker.

Pembangunan PLTN sangat berisiko terutama bila pengolahannya kurang hati-hati. Saat ini di negara-negara maju mulai menghentikan pengambilan energi nuklir ini karena kesulitan dalam pengolahan limbahnya. Bahaya dari radiasi nuklir ini seperti kebocoran di Chernobyl menyebabkan gejala yang muncul dalam waktu relatif singkat yaitu pusing, muntah, rambut rontok, gigi tanggal, dan penuaan dini. Yang lebih berbahaya lagi bila zat radioaktif masuk dalam rantai makanan dan diturunkan secara genetik. Jadi radiasi bisa berefek secara langsung maupun secara tidak langsung. Penggunaan radiasi ionisasi yang paling luas dalam dunia kedokteran adalah sinar-X dan sinar gamma. Hubungan antara sinar gamma dengan material biologis sangat kuat, sehingga mampu memukul elektron pada kulit atom yang akan menghasilkan pasangan ion. Cairan tubuh intraselular maupun ekstraselular akan terionisasi yang menyebabkan kerusakan dan kematian pada mikroorganisme, sehingga sinar gamma banyak dipakai sebagai sterilisasi peralatan kedokteran. Radiasi sinar gamma atau sinar-X yang berasal dari energi atom cobalt dapat membunuh semua bentuk kehidupan mikroorganisme.¹⁶ Kedua sinar ini punya potensi bahaya yang lebih besar dari radiasi lain. Pengaruh sinar

kosmik hampir dapat diabaikan karena radiasi yang berasal dari luar tata surya ini sebelum mencapai tubuh manusia berinteraksi dengan atmosfer bumi.

Begitu juga ultraviolet hanya sebagian yang diteruskan ke permukaan bumi karena sebelumnya telah berinteraksi dengan ozon pada lapisan stratosfer. Radiasi beta hanya dapat menembus kertas tipis dan tidak dapat menembus tubuh manusia. Demikian juga radiasi alfa hanya dapat menembus beberapa millimeter udara. Sedangkan radiasi neutron hanya terdapat di reaktor nuklir.

Unsur-unsur yang berat seperti uranium, radium dan plutonium melepaskan radiasi alfa yang sangat berbahaya apabila radiasi tersebut masuk kedalam tubuh manusia. Sinar-X adalah yang paling banyak ditemukan dalam kegiatan sehari-hari dan hampir semuanya dibuat oleh manusia dengan membuat peralatan tegangan tinggi dalam suatu tabung gelas.

DOSIS RADIASI

Radiasi tidak dapat kita deteksi secara langsung dengan panca indra tetapi harus dengan peralatan khusus yang disebut detektor radiasi, misalnya film fotografi, tabung geiger-muller (Geiger Muller counter) dan pencacah sintilasi. Hasil pencatatan dari detektor radiasi ini diinterpretasikan sebagai energi radiasi terserap oleh seluruh tubuh atau jaringan tertentu. Banyaknya energi radiasi pengion terserap oleh tubuh disebut dosis terserap yang dinyatakan dalam satuan Gray (Gy), dan untuk satuan yang lebih kecil dinyatakan dengan milli Gray (mGy). Besar dosis yang sama untuk setiap jenis radiasi belum tentu punya efek biologis yang sama oleh karena setiap radiasi pengion punya kemampuan berbeda dalam merusak jaringan atau organ tubuh manusia. Karena perbedaan tersebut diperlukan besaran dosis yang tidak tergantung dari jenis radiasi yaitu dosis ekuivalen dengan satuan Sievert (Sv) dan untuk satuan yang lebih kecil digunakan milli sievert (mSv). Dosis ekuivalen adalah dosis terserap dikalikan faktor bobot radiasi. Faktor bobot radiasi untuk elektron (radiasi beta), foton (gamma) dan sinar-X bernilai 1 sedangkan untuk radiasi alfa bernilai 20. Ini berarti bahwa radiasi alfa bisa mengakibatkan kerusakan pada jaringan tubuh 20 kali lebih besar dibandingkan dengan radiasi beta, gamma, dan sinar-X. Dengan adanya dosis ekuivalen ini maka dosis 1 Sv yang berasal dari radiasi alfa akan mengakibatkan kerusakan yang sama dengan dosis 1 Sv dari radiasi sinar beta, gamma dan sinar-X.

Setiap jaringan tubuh juga mempunyai kepekaan masing-masing terhadap radiasi (faktor bobot organ), misalnya sel kelamin punya faktor bobot organ lebih tinggi daripada tulang, ginjal, paru, dan lain-lain. Oleh karena itu dibuatlah dosis efektif yang menyatakan jumlah dari dosis ekuivalen yang diterima tubuh dikalikan dengan faktor bobot organ.⁵ Dosis ini sering disebut dengan dosis radiasi yang dinyatakan dengan Rem ($1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$). Nilai batas dosis menurut surat keputusan Kepala Bapeten No: 01 / Ka – Bapeten/ V – 99, penerimaan batas dosis untuk pekerja radiasi dan masyarakat umum selama jangka waktu 1 tahun tetapi tidak termasuk penerimaan dosis dari penyinaran medis dan penyinaran alam.¹⁹ Nilai batas dosis pekerja radiasi untuk seluruh tubuh sebesar 50 mSv pertahun sedangkan nilai batas dosis masyarakat umum untuk seluruh tubuh 5 mSv pertahun. Dalam hal penyinaran lokal pada bagian khusus dari tubuh, dosis rata-rata dalam tiap organ atau jaringan tubuh yang terkena radiasi harus tidak lebih dari 50 mSv pertahun.

PROTEKSI RADIASI

Proteksi radiasi adalah suatu proses atau usaha yang dilakukan untuk melakukan perlindungan terhadap radiasi, mengingat radiasi dapat membahayakan kesehatan. Salah satu bahaya dari radiasi adalah menyebabkan kanker, karena radiasi yang diberikan tidak sesuai dengan aturan. Radiasi ini dapat mengaktifkan sel kanker (karsinogen). Kanker merupakan suatu penyakit dimana terjadi pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal, cepat, dan tidak terkendali. Perlindungan dari radiasi dapat dilakukan dengan pengawasan, baik melalui peraturan yang berkaitan dengan radiasi dan bahan-bahan radioaktif maupun dengan dibentuknya badan pengawas yang bertanggung jawab. Di Indonesia badan tersebut adalah Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Bapeten) dan di tingkat Internasional adalah International Commission on Radiological Protection (ICRP). Badan-badan ini mengatur pembatasan dosis radiasi dengan 3 azas yaitu; azas justifikasi, azas optimasi, dan azas limitasi.³ Azas justifikasi adalah suatu kegiatan tidak akan dilakukan kecuali mempunyai keuntungan yang lebih dibandingkan dengan risikonya.

Azas optimasi adalah paparan radiasi diusahakan pada tingkat serendah mungkin yang bisa dicapai dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial. Sedangkan azas limitasi adalah dosis perorangan tidak boleh melebihi batas yang direkomendasikan oleh ICRP.

Proteksi radiasi dibagi dalam dua golongan yaitu proteksi terhadap pegawai dan proteksi terhadap masyarakat umum. Proteksi terhadap pegawai radiasi lebih mudah karena pada saat penyinaran berada di luar ruangan, hanya pada voltase rendah berada di dalam ruangan, tetapi harus memakai lead apron dan berdiri di belakang arah sinar. Bekerja di daerah radiasi harus punya sistem proteksi yang memadai karena manusia tidak mempunyai sensor biologis terhadap radiasi dan diperlukan disiplin yang tinggi. Instrumen proteksi radiasi berfungsi memantau daerah radiasi, mengukur laju dosis radiasi serta jumlah dosis yang diterima oleh pekerja dan memberikan tanda peringatan dini (warning system) bila terjadi ketidaknormalan.

Pesawat modern telah dilengkapi dengan protektor radiasi sehingga pegawai dapat terlindungi, akan tetapi pengukuran radiasi di sekitar ruangan harus tetap dilakukan agar dosis rate di tempat tersebut dapat diketahui dan semua pegawai harus memakai film badge untuk mengetahui jumlah dosis yang diterima. Untuk pemakaian jarum atau tabung radium tidak boleh dipegang dengan tangan, tetapi harus menggunakan peralatan khusus. Proteksi terhadap penderita baik untuk tujuan diagnostik maupun terapi, suatu dosis tertentu harus diberikan akan tetapi jaringan sehat yang berada di sekitarnya harus dilindungi sebaik-baiknya. Misalnya penyakit di sekitar orbita mata, maka mata harus dilindungi dengan pelindung mata yang terbuat dari timah hitam (lead eye shield) untuk menghindari kerusakan pada mata atau terjadinya katarak akibat radiasi.

Menurut Gabriel, 5 ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk proteksi terhadap pekerja radiasi dengan sinar-X yaitu;

- [1]. Filtrasi berfungsi untuk mengurangi intensitas sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X yang terbuat dari filter Al;
- [2]. Kolimator adalah suatu celah yang berfungsi mengatur area berkas sinar-X dari tabung sinar-X;
- [3]. kualitas film juga berkaitan dengan proteksi radiasi, bila film yang dipakai kurang sensitif maka membutuhkan intensitas sinar-X yang lebih tinggi

sehingga menimbulkan radiasi yang lebih besar dan bahaya radiasi semakin besar pula.

- [4]. Distribusi dari hasil luas penyinaran, yang merupakan perkalian antara penyinaran (Roentgen) dan luas penyinaran (cm^2).