

ALAT PEMANTAU PERORANGAN PADA TENAGA KERJA RADIASI DI BIDANG KESEHATAN

Turniani Laksmiarti*

Abstrak

Sepanjang kehidupan, manusia mendapatkan penyinaran atau radiasi dari lingkungannya. Ada tiga sumber radiasi alam, antara lain: sinar kosmis, sumber radiasi yang berasal dari bumi dan radiasi akibat aktivitas tubuhnya. Sedang radiasi buatan manusia antara lain sinar X dan berbagai penggunaan isotop.

Radiasi alam dan radiasi buatan manusia menimbulkan beberapa risiko pada tubuh dan jaringan-jaringan tubuh.

Pada kenyataannya tubuh manusia tidak mampu menerima dan merasakan adanya radiasi pengion, yang secara umum hal tersebut menimbulkan beberapa jenis bahaya. Untuk itu diperlukan alat deteksi baik yang berdasarkan efek fisika atau efek kimia yang semuanya dapat mendeteksi adanya sumber radiasi. Pada umumnya instrumen pemantau fisik kesehatan menggunakan detektor ionisasi gas, di samping sentilasi, thermoluminensia dan efek fotografi

Pendahuluan

Pada dasarnya setiap kegiatan manusia selalu didasarkan pada keseimbangan antara manfaat tindakan dengan biaya kerugian yang ditimbulkan akibat tindakan itu. Sehingga manusia dapat menyimpulkan apakah tindakan itu bermanfaat untuk dilaksanakan atau tidak. Apabila ternyata harus dilaksanakan, diusahakan agar setiap kegiatan dapat memberikan keuntungan yang sebesar-besarnya bagi kepentingan perorangan maupun masyarakat umum secara keseluruhan. Dalam upaya keselamatan radiasi, bukan saja manfaat atau kerugian yang akan diterima masyarakat, namun yang diperhatikan adalah perlindungan bagi setiap orang anggotanya. Perlu diketahui bahwa manusia tidak memiliki sensor biologis terhadap radiasi pengion. Sehingga diperlukan suatu alat untuk mendeteksi atau mengukur radiasi yang selanjutnya disebut alat ukur radiasi. Hasil percobaan yang dilaksanakan oleh beberapa ahli, menunjukkan bila terjadi radiasi pengion melalui suatu medium atau bahan misalnya tubuh manusia, akan terjadilah interaksi antara sinar radiasi dengan atom atau molekul dari medium yang dilaluinya. Kejadian ini menyebabkan elektron-elektron pada ikatan atom akan terlepas.

Pelepasan elektron tersebut, disebut dengan peristiwa ionisasi, yang juga terjadi pada tubuh

manusia apabila mendapatkan radiasi. Untuk melihat atau memantau seberapa besar radiasi yang terkena pada tubuh manusia dapat dibaca melalui alat ukur radiasi. Instrumen atau alat ukur yang digunakan untuk memantau dosis radiasi yang diterima dalam bidang kesehatan antara lain:

- *Film badge*, untuk mencatat dosis radiasi yang diterima perorangan.
- *Pocket dosimeter* atau dosimeter saku untuk mengukur akumulasi dosis radiasi.
- *Dosimeter thermoluminence* atau kamar pengion untuk mengukur laju dosis (Alan Martin & Samuel A Harbison, 1986).

Meskipun banyak macam dan ragamnya tetapi prinsip operasinya sama, yaitu bahwa radiasi berinteraksi dengan detektor dan respon yang dihasilkan sebanding dengan jumlah/ besarnya radiasi yang datang.

Bahan dan Cara

Studi ini merupakan studi pustaka dan hasil pengalaman penulis selama bekerja di lembaga Pengamanan Fasilitas Kesehatan Surabaya yang kegiatannya antara lain tentang pemantauan radiasi dibidang kesehatan. Beberapa variabel yang akan dianalisis adalah :

* Peneliti Puslitbang Yantekkes, Badan Litbangkes

- 1) Nilai Ambang Dosis,
- 2) Potensi Sumber Bahaya dibidang Kesehatan,
- 3) Proteksi Radiasi,
- 4) Pelayanan Pemantauan,
- 5) Pemantauan terhadap tempat kerja.

Pembahasan

1. Nilai Ambang Dosis

Dimaksudkan untuk mengatur lebih tegas nilai penyinaran dan dosis radiasi yang masih diizinkan untuk diterima oleh pekerja radiasi dalam menjalankan tugas-tugasnya. Nilai batas dosis juga digunakan sebagai tolok ukur dalam mengawasi penerimaan dosis akumulatif seseorang. Penerapan nilai batas dosis bagi semua jenis penyinaran dalam semua keadaan tidak akan pernah tepat. Dalam keadaan darurat atau dalam melaksanakan pekerjaan khusus tertentu yang dianggap penting, nilai batas dosis biasanya dianggap sebagai nilai batas tindakan.

Setiap Instalasi Atom diizinkan untuk menentukan sendiri nilai batas yang sesuai dengan kondisi setempat, asal tidak melebihi nilai tertinggi yang telah ditetapkan.

Menurut ICRP 60 tahun 1990, Nilai Batas Dosis yang diizinkan untuk pekerja radiasi :

- Bagi pekerja radiasi, untuk mencegah akibat deterministik diterapkan batas teradosis 0,5 Sv pertahun untuk semua jaringan atau organ, kecuali lensa mata. Untuk lensa mata direkomendasikan batas 0,15 Sv per – tahun.
- Bagi pekerja radiasi, untuk membatasi timbulnya akibat stokastik direkomendasikan batas dosis efektif yang didasarkan pada prinsip bahwa resiko penyinaran, keseluruhan tubuh harus sama dengan resiko penyinaran local.²

2. Potensi Sumber Bahaya Radiasi di Bidang Kesehatan

a. Radiodiagnostik

Sumber bahaya radiasi yang paling utama bagi pekerja adalah radiasi sekunder yang berasal dari sinar hambur akibat interaksi radiasi primer dengan obyek melalui dinding dan peralatan sekitarnya.

Penggunaan alat-alat pelindung radiasi yang tepat memang sangat bermanfaat karena akan

dapat menekan dosis radiasi menjadi 1/100 lebih kecil.

b. Radiotherapi

Radiotherapi adalah aplikasi radiasi dengan sumber radiasi bahan radioaktif, sinar elektron, sinar X dengan energi tinggi, untuk tindakan pengobatan. Kegagalan kembalinya sumber radioaktif ketempatnya adalah suatu keadaan yang memaksa seorang petugas radiasi harus menerima dosis radiasi lebih besar dan menerimanya sebagai suatu resiko pekerjaan, serta rasa tanggung jawabnya terhadap penderita.

c. Kedokteran Nuklir

Dalam dunia kedokteran nuklir penggunaan bahan radioaktif baik untuk tindakan diagnostik maupun terapi relatif kecil (mili curie). Namun demikian prosedur dan tindakan yang dilakukan sangat bervariasi, sehingga perlu mewaspadai bahaya-bahaya radiasi yang ditimbulkan. Dengan demikian pemantauan limbah kedokteran nuklir perlu dilakukan disamping pencegahan kontaminasi

3. Proteksi Radiasi

Secara singkat, yang dimaksud dengan proteksi radiasi adalah upaya pemberian perlindungan kepada seseorang atau sekelompok orang terhadap akibat buruk yang timbul dari pemanfaatan radiasi pengion.

Pada tahap dini proteksi radiasi dibuktikan melalui pemantauan tingkat paparan radiasi di lingkungan kerja, dan pemantauan dosis radiasi perorangan atau kelompok.

4. Pelayanan Pemantauan

Pelayanan pemantauan terhadap paparan radiasi dimaksudkan untuk membatasi timbulnya efek stokastik dan menghindari efek non-stokastik.

Dalam melakukan kegiatan pemantauan perorangan, para pekerja radiasi dilengkapi dengan alat pemantau perorangan yang dipasang dibagian tubuhnya dan berguna untuk mencatat jumlah paparan radiasi yang diterima oleh petugas tersebut. Pemilihan alat pemantau perorangan harus didasarkan pada jenis dan energi radiasi yang akan diukur, karena radiasi paparan yang diterima oleh seorang pekerja radiasi seringkali memiliki energi yang berbeda atau bahkan terdiri atas berbagai jenis energi.

Alat pemantau perorangan kebanyakan memberikan hasil bacaan yang berbeda-beda, tergantung jenis dan energi radiasi serta respon alat pemantau itu sendiri. Sinar - X, sinar beta dan neutron adalah partikel yang biasanya memiliki energi dengan spektrum yang luas. Sinar gama memiliki energi yang tertentu tergantung pada radionuklidanya, dan hamburan sinar gama memiliki spektrum energi yang luas, sebagai contoh: seorang pekerja radiasi yang hanya menggunakan sumber radiasi ^{14}C , tidak harus menggunakan alat pemantau perorangan, karena isotop tersebut hanya memancarkan sinar beta energi rendah dan tidak akan dapat dicatat oleh alat pemantau perorangan yang tersedia dipasaran. Persyaratan dasar untuk suatu sistem pemantau radiasi adalah bahwa alat pemantau tersebut harus mampu mencatat paparan radiasi yang diterima oleh pemakainya dengan ketelitian yang wajar untuk suatu daerah penyinaran, baik terjadi dalam keadaan normal dan tidak normal.⁴

Alat pemantau radiasi perorangan yang biasa digunakan antara lain adalah ;

- a) Dosimeter film,
- b) Dosimeter thermoluminensi,
- c) Dosimeter Saku.

Karakteristik Alat Pemantau Radiasi

a. Dosimeter film

Dosimeter film atau yang lebih populer disebut dengan *film badge* merupakan suatu alat pantau yang dapat mencatat jumlah paparan radiasi seluruh tubuh secara akumulatif.

Biasanya terdiri dari jenis film sinar-X yang terbungkus rapat, dan berukuran 3 x 4 cm, untuk mengukur radiasi foton dan atau radiasi beta energi tinggi, sedangkan untuk radiasi neutron lebih banyak digunakan film *jejak neutron*. Keunggulan dari *film badge* ini selain dapat diketahui jumlah paparan radiasi juga dapat membedakan jenis energi/jenis radiasi yang mengenainya, disamping harga yang relatif murah dan dapat terdokumentasi.

Namun demikian kelemahan dalam penggunaan *film badge* adalah: cara penyimpanan, pemrosesan memerlukan kelembaban, sangat berpengaruh terhadap hasil evaluasi, sehingga tingkat ketelitiannya rendah.

Bahan dasar film terdiri dari lapisan tipis butir emulsi, yang biasanya terbuat dari kristal argentum bromida (AgBr) yang tersebar seragam dalam lapisan gelatin pada salah satu atau kedua

sisi lapisan penopang film, lapisan penopang film yang trasparan terhadap radiasi, dan lapisan pelindung yang juga transparan terhadap radiasi. Zarah bermuatan elektron hasil interaksi radiasi primer dengan filter, atau dengan pembungkus dan lapisan sebelum emulsi menghasilkan pasangan ion di dalam atau di dekat butir emulsi, dan dapat mengubah Ag^+ menjadi atom Ag. Beberapa atom Ag dalam butir AgBr menjadi inti *citra laten*, yang setelah dikembangkan akan tampak hitam sesuai dengan jumlah pajanan. Tingkat penghitaman film diungkapkan melalui besaran *kerapatan optik*.

Film ditempatkan dalam wadah yang terbuat dari logam atau plastik; pada bagian depan maupun belakang wadah yang menghadap ke dalam diberi berbagai jenis filter tipis terbuat dari logam, misalnya aluminium, tembaga, timah putih, atau timbal. Maksud pemasangan filter ialah agar dapat menduga energi radiasi yang mengenai film, dan atau dapat mengetahui arah datangnya radiasi, dari depan ataukah dari belakang wadah. Sistem dosimeter seperti ini dikenal dengan nama *lencana film*, yang biasanya dipasang di daerah-daerah yang rawan terhadap radiasi.⁴

b. Dosimeter Thermoluminensi

Thermoluminensi merupakan monitor perorangan yang memberikan ketelitian dan stabilitas yang memadai serta mempunyai rentang pemantauan dosis yang lebar yaitu dari 5 mRem sampai 10 pangkat empat rem.

Keuntungan utama dalam penggunaan TLD adalah ukuran detektor radiasi bisa sangat kecil, misalnya dalam bentuk batang dengan ukuran 10 x 1 mm atau piringan dengan garis tengah 10 mm dan ketebalan 0,1 mm atau mungkin dalam bentuk bubuk atau lempengan.

TLD mempunyai ciri-ciri yang sama dengan jaringan tubuh (*tissue equivalent*), sehingga dengan demikian pengukuran radiasi dengan menggunakan bahan ini hampir sepenuhnya tidak tergantung pada energi radiasi (kecuali untuk sinar - x dengan energi rendah).

Teknik pengukuran tergantung pada ketelitian penggunaan suatu cara yaitu secara berulang-ulang, sehingga dengan demikian kemungkinan terjadinya kesalahan bisa dikurangi apabila diotomatisasikan. Dosis kumulatif yang diterima oleh masing-masing detektor juga bisa dicatat secara terpisah.

Karena TLD sangat kecil ukurannya, maka TLD menjadi sangat cocok untuk digunakan sebagai alat pantau ujung jari atau ditempatkan pada rongga tubuh tanpa gangguan fungsi yang berarti.

b. Prinsip Kerja TLD

Bila dosimeter thermoluminesensi disinari dengan radiasi pengion, maka akan terjadi interaksi radiasi dengan fosfor. Energi radiasi yang diterima dapat tersimpan dalam waktu yang cukup lama. Apabila diinginkan untuk mendapatkan informasi dosis, fosfor dosimeter thermoluminesensi yang sudah diradiasi dibaca dengan alat baca TLD Reader. Proses yang terjadi pada pembacaan ini adalah pemberian energi panas kepada fosfor sehingga fosfor menghasilkan cahaya tampak yang dinamakan luminesensi.

Selanjutnya cahaya ini difokuskan dan dideteksi oleh photomultiplier. Besar intensitas luminesensi yang keluar sebanding dengan besar dosis radiasi yang diterima oleh fosfor. Untuk dapat mengevaluasi besar dosis yang diterima harus dibuat lebih dulu kurva kalibrasi yang merupakan hubungan antara bacaan atau luminesensi dengan dosis radiasi.

d. Dosimeter Saku

Terdapat dua jenis dosimeter saku, yaitu dosimeter yang dapat dibaca langsung dan dosimeter yang tidak dapat dibaca langsung.²

Dosimeter Saku yang dapat dibaca langsung

Merupakan satu alat ukur radiasi yang menggunakan detektor kamar pengion. Alat ini bentuknya menyerupai pena, merupakan sebuah elektrometer benang kwarza yang dihubungkan dengan elektroda bagian dalam ruang ionisasi. Dosis radiasi ditunjukkan oleh letak benang kwarza dan bisa dibaca melalui sebuah mikroskop kecil yang tercatat pada alat tersebut. Oleh karena itu pembacaan dosis dapat dilakukan setiap saat tanpa menghilangkan informasi yang terkandung di dalamnya. Dosimeter jenis baca langsung umumnya mempunyai daerah ukur antara 0 hingga 200 atau 500 mR, atau 0 hingga 2 atau 5 mSv, dengan ketelitian kurang lebih 15% untuk energi radiasi antara 50 keV hingga 2 MeV.

Dosimeter semacam ini sangat cocok untuk digunakan dalam situasi yang memungkinkan

terjadinya pemaparan dosis tinggi (misalnya angiografi, arteriografi atau kegiatan-kegiatan di ruang operasi yang menggunakan zat radioaktif dengan aktivitas tinggi). Dosimeter semacam ini mahal harganya dan tidak tahan banting. Benang kwarzanya dengan sangat mudah akan putus apabila alat terjatuh pada permukaan yang lurus, lagi pula alat ini juga tidak teliti untuk laju dosis tinggi yang disebabkan oleh non-saturasi. Sedang dosis yang bisa diukur oleh alat ini juga terbatas dibandingkan dengan kemampuan alat lainnya yang serupa. Sebagai akibatnya kadang-kadang dosis yang diterimanya tidak lagi bisa diukur karena terlalu tinggi. Oleh karena itu biasanya alat ini digunakan bersama-sama dengan alat pantau jenis lain (*film badge* atau TLD)

Dosimeter Saku yang tidak dapat dibaca langsung

Dosimeter saku yang tidak dapat dibaca langsung atau disebut kamar pengion kantong (*Pocket Ionization Chamber*) atau detektor jenis kondensor. Dosimeter ini berbentuk tabung silinder dengan dinding tabung sebagai katoda dan di bagian tengahnya dilengkapi dengan kawat anoda.

Prinsip Kerja

Bila detektor disinari oleh sinar-X atau gamma, ionisasi yang terbentuk dalam daerah pengukuran sebagai hasil interaksi antara foton dengan dinding akan menyebabkan *kondensor discharge*, akibat hal ini akan menurunkan potensial tegangan anoda yang mula-mula sudah di-charge penuh. Penurunan tegangan anoda sebanding dengan produk ion dalam daerah pengukuran yang selanjutnya sebanding dengan nilai penyinaran.

Untuk mengetahui nilai pengukuran dimaksud digunakan dengan alat yang disebut "charger marker" yang dihubungkan dengan suatu voltmeter elektrostatis, dan yang dibaca adalah perbedaan voltage tersebut.

Pemantauan terhadap Tempat Kerja.

Kelompok ini dimaksudkan untuk memantau tingkat radiasi atau tingkat kontaminasi di dalam ruangan tertentu, atau memantau terimanan dosis perorangan para pekerja radiasi. Pengukuran radiasi di dalam daerah ini akan memberikan pe-

tunjuk kuantitatif tentang paparan radiasi yang akan dialami oleh seorang petugas radiasi di setiap tempat dan oleh karenanya berapa lama yang bersangkutan bisa berada di tempat itu tanpa melampaui nilai batas dosis ekuivalen yang disarankan juga dapat ditentukan.

Pemantauan tempat kerja juga dapat menunjukkan dengan sangat jelas tempat-tempat di dalam atau di sekitarnya adanya resiko terhadap radiasi. Jenis alat yang tersebut ditempatkan pada daerah-daerah tertentu misalnya di dalam ruang irradiator, ruang pesawat teleterapi atau daerah-daerah yang kemungkinan besar terjadinya kontaminasi radiasi. Perbedaan antara alat pemantau tingkat radiasi dengan alat pemantau tingkat kontaminasi terletak pada cara memantau. Untuk alat pantau radiasi secara langsung biasanya memantau radiasi dengan besaran yang diukur dalam laju pajanan atau laju dosis (mR/jam atau mGy/Jam). Sedang alat pantau kontaminasi lebih terarah pada permukaan/titik yang diperkirakan terkontaminasi.

Untuk kontaminasi udara digunakan alat *Airborne Contamination Detector*. Zarah atau gas radioaktif yang ada di udara ruangan akan menempel atau melekat pada penyaring, dan menjadi sumber radiasi bagi alat pemantau. Sumber radiasi dimaksudkan adalah sinar α , β , dan γ . Besaran yang diukur ialah konsentrasi di udara, biasanya dinyatakan dalam Bq/m³.

Kesimpulan

Dari Gambaran di atas dapat disimpulkan bahwa alat pemantau perorangan yang paling sederhana adalah pemantau dengan menggunakan *film badge*. Serta dari pengamatan di lapangan

(Propinsi Jawa Timur), ternyata seluruh pekerja radiasi dibidang kesehatan menggunakan alat pemantau dengan *film badge*. Karena selain murah harganya, waktu atau umur film yang relatif panjang yaitu 1 bulan efektif serta film tersebut mudah untuk diproses dan hasil proses film atau evaluasi dosis radiasi yang diterima oleh petugas dapat dipertanggungjawabkan.

Namun demikian dalam pemilihan peralatan pemantauan dosis perorangan perlu diperhatikan tentang energi dan sumber radiasi yang dihadapi yaitu harus sesuai dengan tempat kerja atau lokasi sumber radiasi ditempatkan .

Daftar Pustaka

1. Alan Martin & Samuel A Harbison, *An Introduction to Radiation Protection*, Third Edition, New York NY 10001, 1986
2. Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Pendidikan & Latihan, *Kumpulan Makalah Diklat Proteksi Radiasi Departemen Kesehatan*, Jakarta, BATAN, 1985
3. Badan Tenaga Atom Nasional, *Pedoman Proteksi Radiasi di Rumah Sakit dan Tempat Praktek Umum Lainnya, Buku III Diagnosis Dengan Sinar-X*, Jakarta, BATAN, 1985.
4. Suwarno Wiryosimin, *Mengenal Azas Proteksi Radiasi*, Bandung, ITB, 1995
5. W.Minder & SB Osborn, *Pedoman Proteksi Radiasi di Rumah Sakit dan Tempat Praktek Umum Lainnya Buku V Pelayanan Pemantauan Perorangan*, Jakarta, BATAN, 1985.