

BAB 5

RADIASI DAN RADIOAKTIF

5.1 Umum

Dengan kemajuan ilmu dan teknologi yang tercermin dari teknik radio, alat-alat elektronik, pemancar radio, radar, dan lain-lain, problematik radiasi oleh gelombang-gelombang radio dalam tingkat membahayakan sudah sewajarnya mulai diperhatikan.

Penggunaan gelombang-gelombang elektromagnetik dalam batas-batas frekwensi radio semakin meningkat. Adanya Pengaruh penggunaan gelombang mikro sebagai akibat pencahayaan/penyinaran baik yang diakibatkan oleh gelombang elektromagnetis maupun penggunaan bahan-bahan radio aktif, akan berpengaruh terhadap keselamatan kerja pekerja yang menggunakan peralatan berhubungan dengan gelombang mikro tersebut.

Contoh keselamatan radiasi dapat terlihat dalam salah satu cara pengobatan kanker adalah dengan cara penyinaran dengan radiasi atau disebut radioterapi. Penggunaan radiasi harus memperhatikan keselamatan bagi pekerja dan lingkungannya, petugas yang terlibat dalam penyinaran dan anggota masyarakat.

Dalam radioterapi dosis yang diberikan kepada organ target haruslah tepat, dengan mengusahakan dosis ke bagian tubuh lainnya secepat mungkin. Dosis yang berlebih akan dapat membahayakan jiwa pekerja dan lingkungannya sedangkan dosis yang rendah akan mempengaruhi penyembuhan pekerja dan lingkungannya. Salah satu faktor yang menentukan ketepatan dalam pemberian dosis adalah kalibrasi keluaran radiasi dari setiap peralatan radioterapi yang digunakan.

Selain itu ketrampilan para petugas yang menangani sangat menentukan terjaminnya keselamatan. Faktor-faktor lainnya yang ikut menentukan keselamatan radiasi antara lain peralatan yang digunakan dalam perencanaan penyinaran, prosedur dosimetri, pencatatan dan pemeliharaan dokumen semua aspek yang menyangkut radioterapi atau penggunaan gelombang mikro.

5.2 Pemanfaatan Pada Pekerjaan Konstruksi

Dalam pekerjaan konstruksi penggunaan radiasi dengan penyinaran dapat dilihat pada penggunaan alat-alat test material logam khususnya dalam pengelasan misalnya pengetesan logam dengan menggunakan sinar gamma / X-Ray, maka hal-hal yang perlu diperhatikan adalah, sama seperti yang berlaku dalam penggunaan radioterapi di kedokteran sebagaimana diterangkan dimuka, meliputi pula penggunaan jenis-jenis peralatan X-Ray, kondisi peralatan X-Ray, penerimaan dosis radiasi dan upaya yang perlu dilakukan untuk memperkecil kemungkinan resiko dalam pengaruh radiasi yang terjadi.

Pesawat sinar-X yang digunakan untuk pemeriksaan atau pengetesan benda-benda memberikan manfaat besar sebagai alat penunjang untuk menentukan kualitas pekerjaan dan bahan yang digunakan. Sehubungan dengan sifat radiasi dapat menimbulkan efek negatif maka setiap parameter keselamatan pesawat sinar-X harus dapat berfungsi dengan baik. Pesawat sinar-X dengan komponen yang lengkap dan radiasi (sinar-X) dapat dipancarkan, belum dapat menjadi jaminan sepenuhnya.

Untuk mengetahui kinerja pesawat sinar-X, maka diperlukan uji kepatuhan atau uji pemenuhan ketentuan / kualitas, dan uji kepatuhan / kalibrasi ini harus dilakukan sebelum pesawat sinar-X tersebut digunakan untuk diagnosa pekerja dan lingkungannya. Uji kepatuhan pesawat sinar-X merupakan bagian dari program jaminan kualitas yang telah diterapkan di beberapa negara. Jaminan Kualitas adalah suatu alat manajemen untuk membantu para pengguna pesawat sinar X dan mitra kerjanya menyelenggarakan proses citra diagnostik dengan keefektifan dan resiko sekecil mungkin maupun ketidaknyamanan terhadap pekerja.

Pemanfaatan pesawat sinar-X di bidang alat-alat pengetesan untuk keperluan pekerjaan logam dan konstruksi perlu memperhatikan dua aspek, yaitu manfaat dan resiko yang akan dicapai. Sekarang ini, tuntutan tingkat keselamatan pesawat sinar-X khususnya bagi negara maju sudah menjadi suatu keharusan sebab **faktor lain yang terkait dengan keselamatan radiasi** antara lain **kualifikasi tenaga, desain ruang pesawat sinar-X, dan perlengkapan proteksi radiasi**, khususnya bagi negara-negara berkembang seperti Indonesia proteksi radiasi tersebut masih menghadapi banyak masalah, selain tingkat keselamatan pesawat sinar-X yang belum dapat dijamin. Radiasi dapat terjadi pada zat-zat radioaktif, seperti halnya diterangkan diatas maka khusus penggunaan zat radioaktif harus mendapat ijin pemerintah, karena hal tersebut mempunyai resiko yang sangat besar. Kita lihat saja apa yang terjadi pada perang

dunia kedua, dunia dikejutkan dengan ditemukannya energi baru yaitu energi nuklir. Setelah menyaksikan betapa dahsyatnya bom nuklir yang dijatuhkan di Nagasaki dan Hiroshima pada bulan Agustus 1945 dimana mampu melenyapkan kehidupan di dua kota tersebut. Tenaga nuklir selain memiliki sifat yang membahayakan apabila dikelola dan dikendalikan dengan baik dan akurat, dapat memberikan manfaat yang sangat besar.

Pemerintah telah memutuskan untuk memanfaatkan tenaga nuklir pada tahun 1945 untuk maksud damai dalam mendukung pembangunan nasional baik energi tinggi yang dibebaskan dalam proses pembelahan inti, maupun zat radioaktif dan atas radiasi nuklir yang dihasilkan dari reaksi inti.

Mengingat sifat tenaga nuklir yang dapat menimbulkan bahaya nuklir, maka setiap kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir harus diawasi oleh pemerintah melalui sistem perundang-undangan, perijinan dan inspeksi. Dengan diterbitkannya Undang-undang Pokok Tenaga atom pada tahun 1964, Indonesia telah mempunyai landasan hukum yang kuat untuk mendukung pemanfaatan tenaga nuklir seperti Undang-undang Ketenaga-nukliran pada tahun 1997. Undang-undang dan peraturan di bidang Ketenaga-nukliran sesuai perkembangan akhir diakhir abad 20 diperbaharui, dan diterbitkan. sebagaimana diterangkan berikut ini.

5.3 Karakteristik Radiasi Dan Radio Aktif

Sebagaimana diterangkan di depan, Radiasi adalah pengaruh-pengaruh akibat penggunaan gelombang-gelombang mikro sebagai akibat pencahayaan/penyinaran baik yang diakibatkan oleh gelombang elektromagnetis maupun penggunaan bahan-bahan radio aktif.

RADIASI yang ada di tempat kerja dan mempunyai pengaruh kepada tenaga kerja dan pekerjaannya terdiri dari:

1. Radiasi elektromagnetis, yaitu: gelombang-gelombang mikro, (= microwaves), radiasi laser, radiasi panas, sinar infra merah, sinar ultraviolet, sinar X (=Ro) dan sinar gama
2. Radiasi radioaktif, yaitu sinar-sinar dari bahan radioaktif.

5.3.1 Gelombang – Gelombang Mikro

Istilah mikro dipergunakan untuk spektrum-spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang diantara 3000 m sampai 0,3 cm atau frekwensi diantara 10 sampai 10.000 MHz. Gelombang-Gelombang

demikian biasa dipergunakan sebagai gelombang radio, televisi, radar, baik komersil atau angkatan perang, untuk kegunaan dalam peralatan industri, ilmiah dan medis.

Penggunaan spektrum gelombang mikro yang luas, yaitu panjang gelombang dari 3.000 m sampai beberapa mm, menyebabkan beraneka pendekatan tentang efeknya kepada manusia. Cara pengukuran dan peralatannya berbeda dengan berbagai gelombang. Pada beberapa gelombang, cara dan peralatan ditujukan kepada tempat bekerja yang merupakan daerah industri dan radiasi, pada lainnya ditujukan kepada sifat radiasinya sendiri (yaitu type denyutan atau terus menerus).

Terdapat alat untuk mengukur intensitas radiasi, yaitu kekuatan komponen listrik dan magnetik dari lapangan dengan frekwensi tinggi; alat demikian disebut aparat IAMP-1. Alat lainnya PO-1 mengukur kuat arus pada lapangan elektromagnetik dengan frekwensi lebih tinggi. Pada keduanya, diukur tenaga elektromagnetik yang kena pada permukaan tubuh dan bukan energi yang diserap.

Mekanisme penyerapan tenaga, terutama pada organ-organ tubuh yang heterogen, luar biasa kompleks. Sesuai dengan sifat-sifat kelistrikan dari jaringan (ketetapan dielektirk, faktor kehilangan, konduktivitas), dan berbeda menurut frekwensi gelombang mikro, energi diserap dengan penyerapan energi oleh konduktivitas ion dan kehilangan dielektris oleh pengenduran molekul-molekul berkutub dari air.

Dengan peningkatan frekwensi, mekanisme ini semakin penting. Akibatnya timbulah panas dalam jaringan. Diduga pula, bahwa resonansi mungkin merupakan suatu mekanisme penting bagi penyerapan frekwensi-frekwensi tinggi atau sangat tinggi.

Dengan mengetahui, bahwa sebagian gelombang mikro dipantulkan, yang dipengaruhi oleh ukuran benda yang hendak diukur dan susunan jaringan di satu pihak dan panjang gelombang dipihak lain, sampai kini belum dapat ditentukan secara pasti berapa banyak tenaga yang diserap. Pendekatan hanya dengan mengukur energi yang mengenai permukaan benda kerja.

Dari sudut efek alat-alat baik medis, teknik dan alat-alat elektronika lain terdapat dua pengukuran utama:

- a. Percobaan dan pengujian dalam rangka pembuatan alat-alat di perusahaan
- b. Pemakaian selanjutnya oleh konsumen.

Problematik sangat gawat terjadi pada pembuatan dan instalasi alat-alat, yang memungkinkan terjadinya radiasi dengan frekwensi sangat tinggi. Peristiwa-peristiwa demikian terdapat terutama pada pembangunan pemancar radio dan televisi, navigasi radar dan alat radio-astronomik. Untuk mengurangi bahaya, sistim antena diuji sendiri di luar perusahaan, sehingga radiasi pada pekerja dapat dikurangi.

Perlu dibedakan dalam kerjanya sumber-sumber gelombang mikro dalam dua hal sebagai berikut:

- a. Sumber-sumber gelombang mikro, yaitu antena yang diberi kekuatan elektromagnetik, (seperti pada sistim radar, pemancar radio dan T.V.). Sistim seperti ini menggunakan gelombang menengah, pendek dan ultrapendek. Intensitas radiasi kepada karyawan tergantung dari kualitas penyaring dari pemancar dan pada cara memberikan tenaga kepada antena. Pada pemancar demikian, pemindahan tenaga melalui kommutator dari masing-masing pemancar, yang menimbulkan kekuatan lapangan besar (beberapa puluh atau ratus Volt permeter). Karena itu pengaturan sistim pemuatan tenaga kepada antena sangat penting, karena sistim antena dapat menimbulkan bahaya-bahaya radiasi di dalam atau di luar ruangan.
- b. Terdapat generator yang menghasilkan frekwensi tinggi dan ultra tinggi dengan dasar pemanasan logam dan dielektrika. Pada beberapa tahun terakhir, usaha-usaha pengamanannya lebih diusahakan, sehingga keselamatan memuaskan. Dalam hal ini kemungkinan timbulnya bahaya lain seperti sinar X selalu ada, karena itu perlu pula pengamanan lebih lanjut. Harus diusahakan, bahwa karyawan tidak berada dalam pengaruh efek suhu, dan hal ini dapat dilakukan. Untuk radiasi dengan panjang gelombang beberapa cm, efek termis boleh dikatakan tidak ada.

Gelombang mikro mempunyai pengaruh kepada tenaga kerja yang bekerja di daerah sumber radiasi. Pengaruhnya terutama gangguan faali tubuh Sindroma klinis terbagi tiga, yaitu:

- a) stadium permulaan,

- b) stadium dengan gejala-gejala menengah dan
- c) stadium lanjut.

Pada dua stadium pertama, gejala-gejalanya adalah astenia, yang berupa perubahan vasovegetatif jenis vagotonik. Prosesnya reversible dan pulih kembali segera radiasi berhenti. Pada tingkat lanjut terdapat kelainan neurovaskuler yang ditandai perubahan-perubahan hebat pada tonus pembuluh darah, paroxysma, dan kecenderungan kuatnya reaksi sympatis.

Gambaran klinis menyerupai sindroma gangguan diencephalons dengan perubahan-perubahan sangat kentara pada electroencephalogram. Pada tingkat ini proses patologis kecil, kemungkinan dapat pulih atau dapat berakibat cacat.

Sebelum tanda-tanda klinis terlihat, mungkin terdapat perubahan-perubahan faal, walaupun pekerja yang mengalami radiasi nampak sehat. Perubahan-perubahan ini mungkin menghebat menurut lamanya waktu atau menurut perubahan-perubahan pengaruh yang ada. Perubahan-perubahan ini menggambarkan adanya reaksi tubuh terhadap pengaruh dari luar. Diantara reaksi-reaksi dini ini ialah permurian ambang kepekaan daya analisa, aktivitas dalam kelenjar gondok, perubahan-perubahan kadar albumi, flaksialbumin, dan histamin dalam serum darah. Dan perubahan-perubahan bersifat kumulatif.

Dari pengalaman ternyata, bahwa gambaran klinis dari radiasi menahun tergantung dari keadaan-keadaan kerja yang ditentukan oleh intensitas radiasi, lamanya radiasi, dan gelombang-gelombang yang bersangkutan.

Radiasi oleh gelombang-gelombang dari beberapa millimeter seluruhnya diserap oleh kulit. Sebagian kecil energi radiasi oleh gelombang-gelombang dari ukuran beberapa sentimeter dan desimeter diserap oleh kulit, sedangkan sisanya menembus terus ke dalam tubuh. Diduga, bahwa reaksi vagatonis sebagai akibat rangsangan refleks dan asthenia terutama pada radiasi dengan intensitas rendah adalah akibat-akibat pengaruh langsung terhadap otak dan syaraf.

Pada percobaan hewan dengan radiasi gelombang mikro memperkuat adanya kelainan-kelainan tersebut. Pengaruh dari radiasi gelombang mikro kepada mata, kelainan kulit, dan lain-lain masih dalam taraf lebih banyak penelitian.

Kriteria gelombang Mikro adalah standard pengamanan tenaga kerja terhadap radiasi, yang berdasarkan dosis dan lamanya radiasi. Sebagai pegangan, untuk frekwensi-frekwensi diantara 300-30.000 MHz tidak boleh dilampui 10mw/cm². untuk ini Bell-Telepon Laboratories (1960) menetapkan:

- a. Tingkat kekuatan lebih dari 10mw/cm² dapat berbahaya dan karyawan tidak boleh memasuki daerah-daerah yang memungkinkan sebagian besar tubuhnya kena radiasi;
- b. Tingkat kekuatan diantara 1-10mw/cm² dapat dianggap aman untuk kadang-kadang atau sewaktu-waktu kena radiasi, tetapi tidak untuk terus-menerus;
- c. Tingkat kekuatan di bawah 1mw/cm² adalah aman untuk kerja kontinu.

Untuk kerja terputus-putus, dipakai rumus:

$$T_p = \frac{6.000}{W^2}, \text{ dengan:}$$

T_p = Waktu kerja dalam menit selama 1 jam
 W = Densitas kekuatan dalam milli Watt per cm²

Selanjutnya, dapat pula ditentukan berapa menit dalam 0,1 jam seseorang dapat bekerja pada radiasi-radiasi gelombang mikro.

5.3.2 Radiasi Laser

Sinar laser adalah emisi energi tinggi. Sinar ini digunakan untuk keperluan yang banyak dan luas seperti pengelasan, pemotongan, pelapisan, holografi, alat-alat optis interferometri, spektroskopi, pembuatan mesin-mesin mikro dan operasi kedokteran. Penemuan dan penggunaan sinar laser adalah suatu tanda kemajuan teknologi, dan sebagaimana biasa selalu disertai bahaya-bahaya potensill.

Menurut bahan yang dipergunakan untuk menghasilkan sinar laser, terdapat: laser gas (Helium-Neon, Argon, CO₂, NeII, N₂⁺), laser kristal padat (Nd³⁺, C²⁺, dan lain-lain), dan laser semikonduktor.

Effek utama dari sinar laser kepada pekerja adalah terhadap mata dan kulit. Kerusakan mata adalah akibat efek termis dari sinar pada retina, sehingga terjadi kerusakan retina dan kebutaan. Untuk keselamatan mata diadakan batas radiasi yang dianggap aman sebagai berikut: (Daftar 1).

DAFTAR 1 BATAS RADIASI LASER AMAN

Diameter pupil (mm)	Denyutan Q J/cm ²	Bukan denyutan Q J/cm ²	Gelombang kontinyu W/cm ²
3	4×10^{-6}	2×10^{-4}	1×10^{-2}
7	8×10^{-7}	4×10^{-5}	2×10^{-3}

* Dimajukan pada Konferensi Internasional I Keselamatan Laser di Cincinnati, Ohio Januari 1968. Batas aman dari radiasi laser (0,6 – 0,7 μ m dan 488 nm) pada kornea untuk mata beradaptasi terang dan gelap

Kelainan kulit dicegah dengan batas radiasi yang aman yaitu 1,0 w/cm² untuk radiasi kontinyu dan 0,1 J/cm² untuk system denyutan (=pulsed system).

Juga dipakai kaca mata pelindung untuk pengaman mata dari sinar laser. Pemakaiannya harus benar-benar atas perhitungan teknis, bahwa kekuatan sinar yang sampai di mata berada dalam batas aman. Bantuan seorang ahli dalam hal ini sangat diperlukan.

Program pengendalian bahaya bagi penggunaan sinar laser meliputi:

- Indoktrinasi rutin dari para karyawan terhadap bahaya dan pengamanannya;
- Pengetahuan lengkap tentang alat-alat laser;
- Pemeriksaan sebelum dan selama kerja terhadap mata dan kulit;
- Pengawasan yang memadai.

Dalam program pengendalian bahaya yang dimaksudkan diatas, dianjurkan diselenggarakan hal-hal sebagai berikut ini :

- Pertemuan periodik yang merupakan orientasi terhadap bahaya-bahaya sinar laser dan pengamanannya, terutama bagi pekerja-pekerja yang baru bekerja dengan alat-alat laser. Khusus orientasi demikian harus memberi keyakinan, bahwa pengetahuan dan ketrampilan khusus tentang pengamanan bahaya laser dimiliki oleh para pekerja.
- Suatu brosur yang memuat batas-batas aman harus dimiliki dan dipergunakan oleh tenaga kerja. juga harus ada keterangan jelas tentang usaha-usaha pencegahan yang bersifat teknis terhadap kemungkinan bahaya.
- Cara-cara kerja yang aman dan sehat harus dibuat sedini mungkin, dimulai sejak pemasangan alat.

- d) Penggunaan laser dari awal dan seterusnya harus dicatat dan disimpan di bagian keselamatan perusahaan.
- e) Para calon pekerja harus diperiksa mata dan kulitnya sebelum mulai bekerja.
- f) Pemeriksaan periodik harus diadakan secara teratur kepada semua tenaga kerja.
- g) PPPK harus tersedia dan sewaktu-waktu, apabila diperlukan dalam kecelakaan pada mata dan kulit.
- h) Penempatan dari alat harus dikerjakan dengan baik dan bekerja sama dengan personil umum dan rumah tangga. Ruang harus cukup untuk pekerjaan dengan laser.
- i) Perlindungan terhadap tamu harus disediakan dengan baik.
- j) Hanya orang-orang berwenang yang boleh memasuki ruang kerja dengan laser.
- k) Pelindung mata harus tersedia, tetapi perlu juga batas-batas kegunaannya.
- l) Penelaahan periodis kepada alat laser perlu dilakukan dengan cermat dan baik.
- m) Perhatian khusus terhadap bahaya-bahaya oleh arus listrik harus diberikan dengan cukup.
- n) Masalah kemungkinan keracunan oleh bahan-bahan perlu diteliti dan diadakan tindakan seperlunya.
- o) Pintu sebaiknya terkunci dari dalam, sehingga tidak ada orang masuk, ketika alat laser sedang dipergunakan.
- p) Sistim berhenti sendiri dari alat, manakala terjadi bahaya, sangat membantu.
- q) Perisai yang berbentuk kotak bagi alat tersebut sangat bermanfaat bagi menghindari racun-racun dan radiasi.
- r) Pengawas sebaiknya periodis dan diperingatkan kepada masing-masing tentang tanggung jawabnya.

5.3.3 Sinar Inframerah

Sinar inframerah disinarkan oleh benda-benda pijar seperti dapur atau tanur atau bahan-bahan pijar lainnya. Sinar tersebut menyebabkan katarak pada lensa mata. Dari itu, sangatlah penting usaha preventif seperti misalnya memakai kaca mata kobalt biru bagi mereka yang bekerja menghadapi penyinaran sinar demikian, misalnya tukang menuang cairan pijar logam, atau masinis yang menghadapi dapur lokomotif.

Sangat perlu pula pemeriksaan sebelum kerja dan periodik pada pekerja-pekerja yang menghadapi benda pijar.

5.3.4 Sinar Ultraviolet

Sinar ultraviolet dihasilkan oleh pengelasan suhu tinggi, benda-benda pijar suhu tinggi, lampu-lampu pijar dan lain-lain. Sinar matahari mengandung pula sinar-sinar ultraviolet. Pada mata, sinar tersebut dapat mengakibatkan konjuntivitas fotoelektrika, seperti misalnya terjadi pada bintang film yang disinari lampu-lampu dengan pancaran sinar-sinar ultraviolet, atau pada ahli-ahli laboran yang berada di tempat sterilisasi dengan sinar demikian.

Pencegahan didasarkan atas menghindari kemungkinan mata dikenai oleh sinar ultraviolet dengan menggunakan kaca mata yang tidak tembus sinar dimaksud.

5.3.5 Sinar RO dan Sinar Gama

Sinar elektromagnetik lainnya menyebabkan kelainan-kelainan di tubuh dan di kulit sesuai dengan dosisnya. Salah satu contoh kelainan adalah luka bakar oleh sinar Ro atau sinar gama. Akibat-akibat lainnya merupakan impotensi, kerusakan sistim hemopoitik, dan leukemia.

Pencegahan dilakukan dengan pengukuran dosis (dengan dosimeter) dari sinar dan sebagai batas aman tidak boleh dilampaui 100 mRad dalam sebulan.

Sebagai monitor kesehatan karyawan, dapat dilakukan pemeriksaan rutin susunan darah. Bila dosis lebih tinggi dari batas aman, perlu diadakan "shelding" atau mengurangi waktu kerja, sehingga dosis aman tidak dilewati.

Sinar-sinar elektromagnetik semacam ini digunakan dalam perindustrian untuk pencegahan mesin, alat-alat dan logam, serta dipakai untuk keperluan medis.

5.3.6 Sinar – Sinar Radio aktif

Sinar-sinar radioaktif menyebabkan penyakit akut kronis tergantung dari dosis yang diterima. Sinar alpha mempunyai daya tembus yang kecil, sehingga hanya mampu menembus kulit untuk beberapa millimeter saja, maka dari itu kelainan-kelainan yang disebabkan adalah lokal. Sinar beta daya tembusnya cukup besar, sehingga memasuki tubuh cukup dalam, dan mengakibatkan kelainan-

kelainan sistemik. Demikian juga dengan sinar gama yang mengacaukan proses-proses di dalam tubuh oleh karena ionisasinya.

Dosis besar sinar-sinar radioaktif itu menyebabkan kelainan-kelainan akut yang tidak jarang berakhir dengan kematian. Dosis kecil menimbulkan kelainan-kelainan kronis yang akhirnya menjadi hebat pula terutama system hemopoitik, dan jaringan-jaringan lain yang peka pada sinar-sinar itu.

Pencegahan terhadap terjadinya penyakit-penyakit oleh sinar radioaktif adalah khusus dan memerlukan keahlian tertentu.

Untuk penggunaan dan pencegahan akan bahaya-bahayanya mengenai bahan-bahan radio-aktif, perlu mendapat petunjuk-petunjuk dari BATAN.

Penyinaran digunakan pula pada pengobatan kanker, Kanker merupakan salah satu penyebab kematian manusia yang terbesar di dunia hingga saat ini. Pengobatan kanker dengan cara penyinaran melalui radiasi atau disebut radioterapi. Penggunaan sumber radiasi di bidang kesehatan harus memperhatikan keselamatan pekerja dan lingkungannya, para petugas yang terlibat dalam penyinaran dan anggota masyarakat.

Di Indonesia saat ini terdapat sebanyak 24 Rumah Sakit yang menggunakan sumber radiasi untuk keperluan radioterapi. **Jenis peralatan radioterapi** yang digunakan saat ini yaitu alat teleterapi (dengan **zat radioaktif Cobalt-60, Cesium-137, dan LINAC**), **brakiterapi manual** (dengan **Cesium-137, Cobalt-60 dan Radium-226**), **brakiterapi afterloading** (dengan **Cesium-137 dan Iridium-192**), terapi orthovoltage, dan terapi kontak/superficial (dengan pesawat sinar-X).

Dalam radioterapi dosis yang diberikan kepada organ target haruslah tepat dengan mengusahakan dosis ke bagian tubuh lainnya selemah mungkin. Dosis yang berlebih akan dapat membahayakan jiwa pekerja dan lingkungannya sedangkan dosis yang rendah akan mempengaruhi penyembuhan pekerja dan lingkungannya. Salah satu faktor yang mempengaruhi ketepatan dalam pemberian dosis adalah **kalibrasi keluaran radiasi** dari setiap peralatan radioterapi yang digunakan.

Faktor-faktor lain ketrampilan para yang menangani, peralatan yang digunakan dalam perencanaan penyinaran, prosedur dosimetri, pencatatan dan pemeliharaan dokumen semua aspek yang menyangkut radioterapi.

Dari kenyataan yang telah terjadi sejumlah kecelakaan radiasi dalam radioterapi mancanegara maupun di Indonesia yang disebabkan antara lain oleh kesalahan dalam pemberian dosis dan karena pengolahan sumber bekas yang tidak sesuai ketentuan.

Untuk **menjamin keselamatan** dalam pelayanan radioterapi perlu dilaksanakan **jaminan kualitas yang meliputi prosedur klinis, fisika, teknis dan keselamatan radiasi.**

Sebagai perbandingan, penyinaran yang digunakan dalam ilmu kedokteran sangat tergantung dari obyek kerjanya, demikian pula yang digunakan dalam industri konstruksi, obyek kerja sangat mempengaruhi penggunaan peralatan, prinsip penerapan pengamanan dan keselamatan kerja pada peralatan inilah yang akan mempengaruhi tingkat keselamatan penggunaannya seperti dijelaskan berikut ini :

Pemilihan penyinaran dengan sumber radiasi dapat berjalan pada jarak jauh dan jarak dekat, yang sangat tergantung dengan struktur bahan yang hendak ditembus dengan kedalaman tertentu. Sumber radiasi yang digunakan bermacam – macam, misalnya di bidang kedokteran menggunakan Co-60, Cs-137 atau Ra-226 dengan aktivitas beberapa mCi sampai beberapa puluh mCi. Sumber radiasi tersebut merupakan pemancar radiasi gamma dan berpotensi bocor sehingga dapat menimbulkan kontaminasi terutama Radium. Penggunaan Radium di negara maju dan sebagian negara berkembang sudah dihentikan karena disamping dapat mengakibatkan kontaminasi juga mempunyai energi yang besar dan waktu paruhnya sangat panjang (1600 tahun).

a. Peralatan dengan penggunaan sinar-X

Peralatan dengan penggunaan sinar X dengan sumber tenaga antara beberapa puluh KV sampai 150 KV, semua ini tergantung jenis kedalaman tertentu untuk menembus jaringan struktur bahan, misalnya pada alat Terapi Orthovoltage (bidang kedokteran) untuk melihat tumor pada kedalaman tertentu menggunakan sinar X dengan kekuatan di atas 150 kV hingga kurang dari 1 MV.

b. Kondisi Peralatan

Kondisi peralatan yang tidak memadai, antara lain karena aktivitasnya sudah melemah, Posisi laser kurang tepat, gantry tidak dapat diputar dengan mudah, alat ukur dosis rusak, Treatment Planning Sistem (TPS) banyak yang tidak ada, Selain itu sumber daya manusia/kualifikasi tenaga juga tidak memadai.

c. Kalibrasi Keluaran Radiasi

Untuk menjamin ketepatan dosis radiasi, keluaran radiasi setiap peralatan harus dikalibrasi. Kalibrasi tersebut perlu dilakukan pada waktu komisioning, setelah perbaikan dan secara berkala yang ditentukan oleh Badan Pengawas. Berdasarkan peraturan yang berlaku sebagaimana yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 63 tahun 2000 setiap peralatan radiography harus dikalibrasi keluarannya secara berkala sekurang-kurangnya 2 (dua) tahun sekali.

d. Penanganan sumber radiasi rusak/tak dipakai

Zat radioaktif untuk peralatan yang sudah tidak dipakai lagi disimpan dalam gudang penyimpanan atau disimpan di Pusbang Pengelolaan Limbah Radioaktif (P2PLR) - BATAN dan Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK)-DEPKES,

5.3.7 Upaya Keselamatan Radiasi

Untuk menjamin keselamatan dalam pelayanan radiography perlu pelaksanaan program jaminan kualitas yang meliputi, Penggunaan bahan radiasi, Penyinaran, fisika, teknis dan keselamatan radiasi.

- a. Penggunaan bahan radiasi, yang mencakup ketepatan pemberian dosis dalam pemakaian bahan – bahan radiasi. sesuai dengan ketentuan yang dipersyaratkan. Sumber radiasi bekas harus dikelola dengan baik sesuai dengan ketentuan yang berlaku, sedapat mungkin direeksport ke negara asal atau diserahkan ke P2PLR-BATAN.
- b. Perlu adanya perhatian terhadap kondisi fasilitas radiography yaitu perbaikam peralatan yang rusak, penyediaan peralatan penunjang yang memadai dan peningkatan kualitas sumber daya manusia.
- c. Prosedur penyinaran, serta pencatatan semua dokumentasi yang berkaitan dengan penyinaran.

- d. Prosedur fisika dan teknis mencakup kalibrasi, pengujian dan perawatan peralatan. Kalibrasi keluaran radiasi harus dilakukan sebelum alat dipakai pertama kali (komisioning), secara berkala minimal setiap, 2 tahun dan setelah alat mengalami perbaikan.
- e. Masalah keselamatan radiasi seperti pengamanan sumber radiasi, inventarisasi secara berkala, pemakaian alat pelindung diri, alat monitor, survei radiasi. Dan disiplin para pengguna peralatan radiography harus selalu ditingkatkan.

Pimpinan instalasi harus menunjuk seseorang sebagai Petugas Proteksi Radiasi yang bertanggung jawab tentang masalah keselamatan radiasi.

Tugas-tugas harus diorganisasikan dengan jelas dan secara berkala diadakan pertemuan untuk mengevaluasi masalah keselamatan radiasi dan melakukan perbaikan berdasarkan pengalaman-pengalaman yang telah lalu.

Untuk menjamin keselamatan dalam pelayanan radiography perlu dilaksanakan program jaminan kualitas yang meliputi prosedur klinis, fisika, teknis dan keselamatan radiasi.