

## *The effect of x-ray radiation on children*

### Efek radiasi sinar-x pada anak-anak

<sup>1</sup>Barunawaty Yunus, <sup>2</sup>Karmila Bandu

<sup>1</sup>Bagian Radiologi

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Kedokteran Gigi

Fakultas Kedokteran Gigi Unuversitas Hasanuddin

Makassar, Indonesia

E-mail: barunawaty@yahoo.com

#### **ABSTRACT**

*X-ray radiation is the emission of electromagnetic waves similar to radio waves, heat, light, and ultraviolet light, but with very short wavelengths. Radiography is the production of images of an object using x-rays. X-ray photos are one of the supports among the many examinations that are used to make a more accurate diagnosis and dental treatment plan. In addition to x-ray radiation the benefits of x-ray radiation also contain harmful effects on humans, especially in children. Some detrimental effects on the body of the child due to exposure to x-rays, generally occur reddish spots on the skin, serostomia, and developmental disorders of the tooth seeds. This paper discusses the effects of x-ray radiation on children and performs radiation protection procedures for pediatric patients*

**Keyword:** radiation, x-rays, children

#### **ABSTRAK**

Radiasi sinar-x adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya, dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Radiografi adalah produksi gambaran dari suatu objek dengan memanfaatkan sinar-x. Foto ronsen merupakan salah satu penunjang di antara sekian banyak pemeriksaan yang dipakai untuk menegakkan diagnosis dan rencana perawatan gigi yang lebih akurat. Di samping radiasi sinar-x memberikan manfaat radiasi sinar-x juga mengandung efek yang berbahaya bagi manusia, khususnya pada anak. Beberapa efek merugikan pada tubuh anak karena terpapar sinar-x, umumnya terjadi bintik kemerahan pada kulit, serostomia, dan gangguan perkembangan pada benih gigi. Makalah ini membahas tentang efek radiasi sinar-x pada anak serta melakukan prosedur perlindungan penyinaran radiasi terhadap pasien anak.

**Kata kunci:** radiasi, sinar-x, anak

#### **PENDAHULUAN**

Radiografi merupakan energi yang dipancarkan dalam rupa partikel atau gelombang elektromagnetik atau cahaya (foton) dari sumber radiasi.<sup>1</sup>

Aplikasi teknologi nuklir banyak dimanfaatkan dalam kehidupan, salah satunya bidang kesehatan atau medik di bagian radiologi. Unit layanan radiologi merupakan salah satu instalasi penunjang medik yang menggunakan radiasi pengion untuk mendiagnosis suatu penyakit dalam bentuk gambaran anatomi tubuh yang ditampilkan dalam film radiografi.<sup>2</sup>

Radiasi yang ditimbulkan dari tindakan medis yang berasal dari sumber buatan manusia, misalnya radiasi dan sinar-x. Dalam bidang medis penggunaan sinar-x untuk pencitraan diagnostik telah digunakan selama lebih dari satu abad.<sup>1</sup>

Dengan perkembangan iptek bidang kedokteran, pemeriksaan radiografi telah menjadi salah satu alat diagnostik utama di kedokteran gigi. Pencitraan modern yang dapat memberikan informasi diagnostik lebih akurat, telah pula dikembangkan sejak 1970an.<sup>3</sup>

Pemanfaatan sinar-x di bidang kedokteran nuklir adalah salah satu cara untuk meningkatkan kesehatan masyarakat. Aplikasi ini telah cukup beragam mulai dari radiasi untuk diagnostik, pemeriksaan sinar-x gigi dan radiasi sinar-x untuk terapi. Radioterapi adalah suatu pengobatan yang menggunakan sinar pengion yang banyak digunakan untuk menangani penyakit kanker. Alat diagnosis yang umum digunakan di daerah adalah pesawat sinar-x sebagai foto ronsen yang berfungsi untuk foto toraks, tulang tangan, kaki dan organ tubuh yang lainnya. Pada negara maju, fasilitas kesehatan yang menggunakan radiasi sinar-x sudah sangat umum dan sering digunakan.<sup>5</sup>

Selama dua dekade terakhir ilmu pengetahuan, teknologi maupun peralatan radiografi mengalami kemajuan yang sangat pesat. Walaupun pengembangan tersebut telah menimbang efek radiasi bagi pasien, personal, masyarakat dan lingkungan sekitar walau kecil radiasi menimbulkan efek yang merugikan.<sup>6</sup> Di samping nilai diagnostik yang diperoleh, pemeriksaan radiografi memiliki potensi radiasi, karena sinar-x

sebagai sumber energi pexion sejak lama diketahui keuntungan maupun kerugiannya akibat bahaya yang ditimbulkan dari radiasi ionisasi.<sup>4</sup>

Di Indonesia, umumnya masih menggunakan radiografi konvensional yang menggunakan sinar-x. Dosis radiasi sekali pemotretan relatif kecil, sehingga pemeriksaan radiografi di bidang kedokteran gigi relatif aman dan sering dilakukan.<sup>6</sup>

Dibidang kedokteran gigi, radiasi ionisasi sinar-x terutama digunakan untuk tujuan radiodiagnosis dental, sedangkan untuk tujuan radioterapi sering digunakan untuk pengobatan kanker kepala dan leher yang insidensinya juga cukup tinggi. Penggunaan radiasi ionisasi memiliki efek biologis yang merugikan karena efek biologis radiasi ini biasanya tidak terbatas pada sel sasaran, tetapi juga sel normal di sekitarnya.<sup>7</sup>

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas dianggap penting untuk membahas lebih lanjut tentang efek radiasi sinar-x khususnya pada anak-anak, sehingga diperlukan upaya untuk memperkecil kemungkinan terjadinya radiasi pada setiap radiografi, sehingga makalah ini membahas tentang efek radiasi sinar-x pada anak serta melakukan prosedur perlindungan penyinaran radiasi terhadap pasien anak.

## TINJAUAN PUSTAKA

Cara yang praktis untuk mengetahui tingkat radiasi daerah kerja secara cepat adalah menggunakan surveimeter. Alat ini mampu memberi respon secara akurat untuk daerah yang kontinyu dan waktu yang relatif lama.<sup>2</sup>

Penggunaan pesawat sinar-x diagnostik pada umumnya sangat singkat sehingga pengukuran radiasi tidak dapat diukur dengan surveimeter, karena alat tidak dapat memberikan respons yang baik untuk pengukuran dalam waktu *detik* untuk keperluan daerah kerja seperti ruangan untuk radiodiagnostik dengan sinar-x; dilakukan dengan alat dosimeter. Dosimeter ini akan mencatat dosis radiasi akumulatif yang diterimanya selama jangka waktu pemantauan. Pengukuran paparan dosis radiasi dilakukan pada saat tegangan operasi maksimal dan pada jarak 1 m menggunakan Mini dosimeter seri 6100.<sup>2</sup>

Pemeriksaan radiodiagnostik bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat tentang kelainan yang diderita oleh pasien. Jadi pencitraan pada film radiografi harus dapat memberi informasi akurat yang dibutuhkan oleh dokter untuk mendiagnosis pasien. Untuk mengoptimasi dosis radiasi yang diterima oleh pasien yang menjalani pemeriksaan radiodiagnostik, diperlukan adanya informasi dosis yang diterima pasien untuk memaksimalkan proteksi radiasi dipenuhi dosis radiasi yang diterima pasien saat menjalani pemeriksaan tersebut.<sup>12</sup>

**Tabel 1** Perkembangan rekomendasi dosis maksimal yang diizinkan bagi pekerja radiasi untuk seluruh tubuh.

Dosis Maksimal yang Diizinkan	Tahun	Keterangan
30 R/Tahun sinar-X 100 Kv atau 70 R/ Tahun Sinar-X 200 Kv	1925	Direkomendasikan oleh A. Mutscheller & R.M Sievent
0,2 R/hari atau 1 R/minggu	1934	Direkomendasi oleh Komisi Internasional untuk proteksi Terhadap Sinar-X & Radium
15 rem/tahun atau 0,3 rem minggu	1950	Direomendasikan oleh ICRP
5rem/tahun atau 0,1 rem/minggu	1958	Direkomendasi oleh ICRP
50 mSv/tahun	1977	Direkomendasi oleh ICRP mengikuti prinsip ALARA
20 mSv/tahun	1990	-Direkomendasi oleh ICRP -Dirata-rata untuk 5 tahun -Tidak boleh >50 mSv/tahun

### Proteksi radiasi: batas penggunaan aliran listrik

Pembatasan penggunaan kekuatan aliran listrik karena adanya kekuatan aliran listrik pada setiap pesawat ronsen dengan pembatasan dari 50-90 kVp atau 100 kVp. Biasanya untuk pesawat ronsen gigi intraoral, memiliki spesifikasi pembatasan kekuatan aliran listrik 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp, 80 kVp, 90 kVp. Sedangkan pesawat ronsen gigi ekstraoral memiliki spesifikasi pembatasan kekuatan aliran listrik sekitar 50-70 kVp.<sup>9</sup>

### Proteksi radiasi: Pemakaian filter

Tujuan filter adalah menghentikan komponen-komponen radiasi lemah yang tidak dapat mencapai film dan membentuk bayangan. Pemasangan filter yang memadai akan memperkecil penyinaran yang tidak perlu pada jaringan, tanpa memanjangkan waktu penyinaran. Apabila pemasangan filter melampaui batas optimalnya, maka waktu penyinaran terpaksa diperpanjang, padahal sejatinya tidak perlu.<sup>9</sup>

Dengan adanya filter maka kekuatan sinar radiasi langsung dikurangi sejak keluar dari pesawat ronsen; biasanya setelah melewati filter, kekuatan atau daya tembus sinar radiasi hanya separuhnya. Filtrasi ini disebut nilai paruh, atau *half value layer*. Jenis filter yang digunakan biasa aluminium berupa lempengan pipih, tebalnya tergantung kekuatan sinar radiasi yang dihasilkan di dalam pesawat. Logam lain dapat dipakai juga, tetapi sebagai penera adalah lapisan lempeng logam aluminium.<sup>9</sup>

### Proteksi radiasi: Kolimasi

Kolimasi memperkecil luas daerah dan volume penyinaran di kulit dan jaringan di bawahnya, sehingga

mengurangi dosis yang diterima oleh sebagian besar organ, dosis integral, dosis gonad dan dosis yang diterima operator. Melindungi pasien dengan kolimasi optimal, berarti memperkecil jumlah radiasi sekunder yang berasal dari jaringan di sekitarnya untuk mencapai pemilihan waktu penyinaran.<sup>9</sup>

**Tabel 2** Perkembangan rekomendasi dosis maksimal yang diizinkan untuk seluruh tubuh bagi masyarakat umum.

Dosis Maksimal Yang Diizinkan	Tahun	Keterangan
30 mR/minggu	1952	Diusulkan oleh NCRP
500 mrem/tahun atau 10 mrem/minggu	1958	1958 diusulkan oleh NCRP, 1959 diusulkan sebagai dosis maksimal untuk gonad atau seluruh tubuh
500 mrem/tahun atau 3 mrem/minggu	1958	Diusulkan oleh ICRP sebagai dosis rata-rata untuk gonad atau seluruh tubuh
100 mrem/tahun atau 2 mrem/minggu	1959	Diusulkan oleh Komite AdHoc ICRP
5 mSv/tahun	1977	Direkomendasi oleh ICRP dengan mengikuti prinsip ALARA
1 mSv/tahun	1990	Direkomendasi oleh ICRP

Apabila suatu daerah akan diperiksa, tipe film yang digunakan dan kombinasi tegangan, arus serta filter yang digunakan harus sudah ditentukan. Waktu penyinaran harus sedemikian rupa sehingga film yang diproses pada kondisi standar seperti yang dianjurkan pabriknya akan menghasilkan film dengan kerapatan yang baik, faktor pemrosesan film 50%.<sup>9</sup>

#### Proteksi radiasi: Pemegang film (*film holder*)

Penggunaan *film holder* dengan jenis logam dan lubang segi empat untuk arah sinar yang disebut *rectangular metallic device film holder*, mengurangi pancaran radiasi pada pemotretan gigi. Operator atau petugas lain dilarang memegang film pada radiografi intraoral dan ekstraoral karena membuat penyinaran pada tangan dan mungkin juga pada bagian tubuh lainnya oleh berkas primer.<sup>9</sup>

#### Proteksi radiasi: baju timah (apron)

Celemek pelindung dan penahan radiasi dipakai untuk melindungi pasien dan operator terhadap radiasi sebar, yang tidak berfungsi membentuk bayangan tetapi menaikkan tingkat dosis. Harus diperhitungkan proteksi terhadap individu yang berada di kamar yang bersebelahan dengan daerah penyinaran.<sup>9</sup>

Celemek bagi pasien harus mengandung bahan yang ekuivalen dengan timbal setebal 0,25 mm atau

lebih, untuk menyerap kebocoran radiasi primer. Oleh karena perlindungan pada pasien didasarkan pada efek genetik yang mungkin mempengaruhi generasi muda maka celemek harus melindungi gonad pasien.<sup>9</sup>

Terdapat beberapa jenis baju apron<sup>9</sup>, antara lain 1) apron untuk seluruh tubuh, yang melindungi tubuh dari bahu sampai tungkai bawah, yang digunakan oleh operator maupun penderita; 2) apron untuk kelenjar tiroid yang melindungi kelenjar tiroid, disebut *tiroid shield*, berguna untuk mengurangi daya tembus sinar radiasi ke arah kelenjar tiroid; 3) apron untuk kelenjar gonad, untuk melindungi kelenjar gonad atau gonad apron, berbentuk seperti cawat tukang masak yang hanya melindungi perut bagian bawah.<sup>6</sup>

## PEMBAHASAN

### Kerusakan biologis akibat radiasi sinar-x

Beberapa efek merugikan yang muncul pada tubuh manusia karena terpapar sinar-x dan gamma segera teramati beberapa saat pascapenemuan kedua jenis radiasi tersebut. Efek merugikan tersebut berupa kerontokan rambut dan kerusakan kulit. Gangguan kesehatan akibat dari paparan radiasi bermula dari interaksi antara radiasi pengion dengan sel maupun jaringan tubuh manusia, sehingga sel-sel mengalami perubahan struktur dari struktur normal semula.<sup>15</sup>

Roentgen dalam penelitian selanjutnya segera menemukan hampir semua sifat-sifat fisik dan kimia sinar-x. Namun ada satu sifat yang terlewatkan, yaitu sifat biologi yang dapat merusak sel-sel hidup.<sup>16</sup> Studi intensif efek radiasi terhadap jaringan tubuh manusia terus dilakukan oleh para ahli biologi radiasi, hingga diketahui bahwa radiasi dapat menimbulkan kerusakan somatik berupa kerusakan sel-sel jaringan tubuh dan kerusakan genetik berupa mutasi sel-sel reproduksi.<sup>15</sup>

Interaksi antara radiasi dengan bahan biologi merupakan proses yang berlangsung secara bertahap. Proses ini diawali dengan tahap fisik dan diakhiri dengan tahap biologik. Ada empat tahapan interaksi yaitu 1) tahapan fisik berupa absorpsi energi radiasi pengion yang menyebabkan terjadinya eksitasi dan ionisasi pada molekul atau atom penyusun bahan biologi. Proses ini berlangsung sangat singkat dalam orde  $10^{-16}$  detik, 2) tahap fisikokimia yakni atom molekul yang terionisasi mengalami reaksi sehingga terbentuk radikal bebas yang tidak stabil. Tahap ini berlangsung dalam orde  $10^{-6}$  detik. Karena sebagian besar tubuh manusia tersusun atas air, maka peranan air sangat besar dalam menentukan hasil akhir tahap fisikokimia ini. Efek langsung radiasi pada molekul atau atom penyusun tubuh selain air hanya memberi sumbangan kecil bagi akibat biologi dibandingkan dengan efek jika tidak berlangsung di media air, 3)

tahap kimia dan biologi yang berlangsung dalam beberapa detik dan ditandai dengan terjadinya reaksi antara radikal bebas dan peroksida dengan molekul organik sel serta inti sel yang terdiri atas kromosom-kromosom. Reaksi ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan terhadap molekul-molekul di dalam sel. Jenis kerusakannya bergantung pada jenis molekul yang bereaksi. Jika reaksi itu terjadi dengan molekul protein, ikatan rantai panjang akan putus sehingga protein rusak karena ikatan menjadi terbuka dan dapat melakukan reaksi lainnya, 4) tahap biologis ditandai dengan terjadinya tanggapan biologis yang bervariasi bergantung pada molekul penting yang bereaksi dengan radikal bebas dan peroksida yang terjadi pada tahap ketiga. Proses tersebut berlangsung dalam orde beberapa puluh menit hingga beberapa puluh tahun, bergantung pada tingkat kerusakan sel yang terjadi. Beberapa akibat dapat muncul karena kerusakan sel, seperti kematian sel secara langsung, pembelahan sel terhambat atau tertunda serta perubahan permanen sel anak setelah sel induknya membelah. Kerusakan yang terjadi dapat meluas dari skala sel ke jaringan, organ dan dapat pula menyebabkan kematian.<sup>15</sup>

Setiap jaringan mempunyai kepekaan terhadap radiasi yang tidak sama, tingkat kepekaannya disebut radiosensitivitas. Dari suatu hasil penelitian diketahui bahwa radiosensitivitas suatu jaringan berbanding terbalik dengan derajat diferensiasi dan berbanding lurus dengan kapasitas reproduksi.<sup>15</sup>

#### **Efek radiasi pada gigi**

Gigi yang telah erupsi cenderung mengalami kerusakan akibat radiasi pada daerah rongga mulut, meskipun kerusakannya baru tampak beberapa tahun setelah radiasi dengan manifestasi berupa destruksi substansi gigi yang disebut karies radiasi dan dimulai pada servikal gigi, lesi demineralisasi yang lebih daripada karies pada umumnya. Kerusakan jaringan keras gigi mengakibatkan karies.<sup>9</sup> Efek radiasi langsung terjadi paling dini dari benih gigi berupa gangguan kalsifikasi benih gigi, gangguan perkembangan benih gigi, dan gangguan erupsi gigi. Sedangkan efek radiasi tidak langsung terjadi setelah pembentukan gigi dan erupsi gigi normal berada dalam rongga mulut, kemudian terkena radiasi ionisasi, maka akan terlihat kelainan gigi tersebut misalnya karies radiasi. Biasanya karies radiasi terjadi pada beberapa gigi bahkan seluruh regio yang terkena pancaran sinar radiasi. Keadaan ini disebut rampan karies radiasi, terjadi setelah mengabsorpsi dosis radiasi 5.000 R.<sup>9</sup>

#### **Efek radiasi pada kelenjar liur**

Radiasi ionisasi yang terjadi pada kelenjar liur akibat dosis sekitar 3.000 R akan menimbulkan

gangguan sekresi saliva sehingga rongga mulut terasa kering atau serostomia.<sup>9</sup> Tingkat perubahan kelenjar liur beberapa hari pascaradiasi, terjadi radang kelenjar liur, setelah satu minggu terjadi penyusutan perensim sehingga kelenjar liur mengecil dan tersumbat terjadi penurunan sekresi dan viskositasnya lebih kental, warna air liur akan berubah kekuningan dan coklat.<sup>9</sup>

#### **Efek radiasi pada lidah**

Radiasi ionisasi pada lidah, menyebabkan papila filiformis dan papila fungiformis pecah, yang akan menimbulkan keluhan lidah terasa kaku, keras, nyeri bila tersentuh makanan atau benda keras, hilangnya indra rasa semua makanan terasa tawar atau hambar seperti rasa air bening biasa. Gejala ini terjadi setelah menerima atau mengabsorpsi dosis radiasi 3.000 R.<sup>9</sup>

#### **Efek radiasi pada bibir, jaringan ikat di dalam mulut dan pipi**

Setiap jaringan ikat yang terkena radiasi ionisasi akan mengalami perubahan antara lain kromosom, vakuola di dalam inti sel dan sitoplasma pecah. Perubahan tersebut terjadi terus-menerus sedangkan mitosis sel juga terjadi, mengakibatkan mitosis tidak normal dan sel-sel terbentuk besar atau sel raksasa.<sup>9</sup>

#### **Efek radiasi pada daerah leher dan mata**

Bila daerah leher terkena radiasi, yang menderita radiasi ionisasi adalah kelenjar tiroid. Dosis radiasi yang terserap kelenjar tiroid lebih kecil dari 6,5 rad, tidak mengakibatkan kelainan, tetapi bila dosis radiasi terserap jauh lebih tinggi, mengakibatkan stimulasi sel kelenjar tiroid serta kanker tiroid. Bila daerah sekitar mata terkena radiasi, akan mengalami kelainan lensa mata, dapat terjadi kebutaan atau katarak.<sup>9</sup>

#### **Efek radiasi pada jaringan gonad**

Bila daerah gonad terkena radiasi, 1) bila dosis sangat ringan menimbulkan kemandulan sementara, 2) bila dosis radiasi cukup tinggi, akan menyebabkan kemandulan menetap atau permanen, 3) bila dosis radiasi sangat ringan, kemungkinan menimbulkan mutasi sel-sel gonad yang sangat ditakuti karena sukar diketahui sebelumnya dan akan diketahui setelah terjadi pada generasi berikutnya, bahkan dua atau tiga generasi yang akan datang. Hal tersebut ditandai dengan perubahan sifat pada generasi berikutnya, yaitu lebih agresif atau lebih lamban.<sup>9</sup>

#### **Efek radiasi pada jaringan kulit**

Pada kulit yang ditumbuhi bulu atau rambut, bila terkena radiasi dengan dosis lebih dari 100 Rad akan merusak folikel rambut serta lepasnya rambut tersebut, kelainan ini disebut alopecia.

Bila jaringan kulit terkena dosis radiasi kumulatif atau radiasi ionisasi kronis, timbul eritema kemudian dermatitis kronis sinar ronsen, (pada dosis di atas 5.000 Rad), ulserasi jaringan kulit dan akhirnya akan terjadi neoplastik jaringan kulit, yang disebut kanker kulit, pada daerah mulut disebut kanker mulut.<sup>9</sup>

Sebuah penelitian terbaru mengungkap dampak negatif radiasi sinar-x atau CT scan pada anak-anak, yaitu radiasi alat-alat tersebut dalam waktu lama bisa meningkatkan risiko penyakit leukemia. Para peneliti melaporkan bahwa paparan tiga kali atau lebih sinar-x di masa kanak-kanak akan meningkatkan risiko seorang anak menderita leukemia sebanyak dua kali lipat. Para ahli mengecualikan paparan sinar-x pada tahun sebelum diagnosis dan sebelum kelahiran. Mereka menemukan bahwa risiko seorang anak akan meningkat sekitar 1,85 kali lebih tinggi mengidap leukemia jika mereka telah terpapar sebanyak tiga kali atau lebih radiasi sinar-x.<sup>17</sup>

### **Efek radiasi pada kematian sel**

Kematian sel akibat radiasi dapat berupa nekrosis atau apoptosis, tergantung pada dosis dan lama radiasi serta kecepatan proses kematian sel. Nekrosis terjadi apabila stabilitas membran sel terganggu sehingga terjadi kegagalan pompa natrium sehingga terjadi kematian sel. Apoptosis dan transformasi keganasan terjadi karena lesi pada DNA yang gagal diperbaiki sehingga sel menjadi apoptosis atau transformasi keganasan tergantung bagian genetik yang mengalami kerusakan. Apoptosis adalah bentuk kematian sel yang terprogram, yang dapat terjadi secara fisiologis maupun patologis. Penelitian sebelumnya mengenai efek radiasi ionisasi terhadap sel-sel jaringan pulpa menunjukkan radiasi dapat menyebabkan fibrosis, atropi dan nekrosis jaringan pulpa, sedangkan sel odontoblasnya mengalami perubahan pada morfologi dan pembentukan osteodentin.<sup>7</sup>

### **Efek radiasi pada seluruh permukaan tubuh**

Bila ditinjau dari seluruh permukaan tubuh yang terkena radiasi ionisasi, maka dengan dosis ringan, dosis di bawah dosis nonstokastik akan menimbulkan penyakit yang disebut penyakit radiasi dengan gejala lemas dan mual. Dengan dosis radiasi setara dengan dosis stokastik yaitu dosis ambang rangsang jaringan yang terkenal radiasi, menimbulkan efek nonstokastik yang ditandai dengan timbulnya dermatitis di seluruh permukaan kulit tubuh yang terkena.<sup>9</sup>

### **Efek deterministik akibat paparan radiasi dosis tinggi pada tubuh**

Beberapa efek deterministik yang dapat muncul pasca radiasi dosis tinggi pada tubuh manusia, 1)

dosis radiasi sebesar 10.000 mSv (100 Sv) atau lebih mengakibatkan kerusakan sistem saraf pusat yang diikuti dengan kematian setelah beberapa jam atau hari. Akibat yang lebih fatal dapat terjadi apabila radiasi mengenai kepala karena mengakibatkan kerusakan langsung pada SSP, 2) radiasi dosis 10-50 Sv pada tubuh mengakibatkan kerusakan saluran pencernaan dan dapat mengakibatkan kematian 1-2 minggu kemudian. Radiasi dosis tersebut akan merusak sistem pencernaan di dalam perut, 3) dosis radiasi 3-5 Sv dapat menyebabkan kerusakan sum-sum tulang yang diikuti kematian 1-2 bulan kemudian. Kerusakan utama terjadi pada organ pembentuk sel-sel darah dalam sumsum tulang. Kecepatan timbulnya gejala bergantung pada dosis radiasi yang diterima, 4) efek somatik pada organ reproduksi adalah terganggunya produksi sperma pada pria dan kerusakan ovum pada wanita hingga kemandulan. Sel-sel reproduksi yang masih tahan terhadap radiasi mungkin mengalami mutasi, sehingga pada pembelahan berikutnya dapat mewariskan gen anak yang sifatnya berbeda dengan sifat gen induknya. Mutasi gen ini dapat menimbulkan efek genetik baru yang akan muncul pada beberapa generasi berikutnya, 5) lensa mata mempunyai radiosensitivitas lebih tinggi dibandingkan retina. Radiasi dapat menimbulkan kerusakan sel pada lensa mata karena selnya tidak mampu melakukan peremajaan sehingga lensa mata dapat mengalami kerusakan permanen. Lensa mata yang terpapar radiasi dalam waktu cukup lama akan mengganggu fungsi transparansi lensa sehingga penglihatan kabur. Penyinaran yang mengenai mata dengan dosis 2-5 Sv dapat menyebabkan katarak pada lensa mata. Radiasi lebih mudah menimbulkan katarak pada usia muda dibandingkan usia tua, 6) penyinaran ke seluruh tubuh dengan dosis 1-2 Sv menimbulkan gejala mual-mual yang diikuti muntah.<sup>15</sup>

Pemanfaatan sinar-x di bidang kedokteran nuklir adalah salah satu cara untuk meningkatkan kesehatan masyarakat. Aplikasi ini telah cukup beragam mulai dari radiasi untuk diagnostik, pemeriksaan sinar-x gigi dan penggunaan radiasi sinar-x untuk terapi. Radiasi di bidang kedokteran membawa manfaat yang cukup nyata bagi yang menggunakannya. Dengan radiasi suatu penyakit atau kelainan organ tubuh dapat lebih awal dan lebih teliti dideteksi.<sup>5</sup>

Disamping nilai diagnostik yang diperoleh, pemeriksaan radiografi dapat mencetuskan bahaya radiasi. Hal ini disebabkan sinar-x sebagai energi yang digunakan, termasuk sebagai sumber energi pengion yang sejak lama diketahui keuntungan-kerugiannya karena bahaya yang ditimbulkan dari radiasi ionisasi.<sup>4</sup>

Studi intensif tentang efek radiasi terhadap jaringan tubuh manusia terus dilakukan oleh para

ahli biologi radiasi, hingga akhirnya secara pasti diketahui bahwa radiasi tersebut dapat menimbulkan kerusakan somatik berupa kerusakan sel-sel jaringan tubuh dan kerusakan genetik berupa mutasi sel-sel reproduksi.<sup>15</sup>

Pada tahun 1950 komisi internasional untuk perlindungan terhadap penyinaran menetapkan bahwa pengaruh sinar-x adalah 1) luka permukaan yang dangkal berupa kerusakan kulit, epilasi, kuku rapuh, 2) kerusakan hemopoetik yaitu limfopeni, leukopeni, anemi, leukemia, 3) kehilangan respon terhadap daya tahan spesifik, 4) berkurangnya kemungkinan hidup, dan 5) aberasi genetik.<sup>10</sup>

Reaksi luka permukaan yang dangkal dapat timbul segera atau setelah beberapa waktu. Reaksi yang segera timbul dapat menyerupai luka bakar. Dosis maksimal untuk kulit yang dapat diberikan tidak diketahui, tetapi bagi para pekerja yang setiap harinya berhubungan dengan sinar-x diperkirakan dosisnya kurang dari 1R per hari. Radiasi sinar-x yang berlangsung lama atau bertahun-tahun telah terbukti dapat menimbulkan karsinoma kulit.<sup>10</sup>

Beberapa efek merugikan yang muncul pada tubuh manusia karena terpapar sinar-x dan gamma teramati beberapa saat setelah penemuan kedua jenis radiasi tersebut. Pada tahun 1897 di Amerika Serikat dilaporkan bahwa 69 kasus kerusakan kulit yang disebabkan oleh sinar-x, sedangkan pada tahun 1902 dilaporkan meningkat menjadi 170 kasus. Pada tahun 1911 di Jerman juga dilaporkan 94 kasus tumor yang disebabkan oleh sinar-x.<sup>15</sup>

Studi epidemiologi efek biologi dari radiasi pengion yang telah dilakukan melibatkan tidak kurang dari dua juta orang dewasa dan anak-anak yang menerima paparan radiasi dari alam di atas normal, para korban kecelakaan fasilitas nuklir, termasuk mereka yang masih di dalam kandungan saat terjadi kecelakaan, serta para pekerja radiasi dan penduduk di sekitar suatu instalasi nuklir.<sup>15</sup>

Negara Amerika Serikat telah melakukan studi epidemiologi pada para pekerja radiasi di Hanford Plant. Penelitian yang berlangsung tahun 1945-1984 itu dilakukan terhadap 33.000 pekerja dengan masa kerja lebih dari enam tahun dan dosis akumulasi yang diterima selama kerja rata-rata 26 uSv. Studi yang dilakukan terhadap 8.000 pekerja radiasi laki-laki di fasilitas nuklir *Oak Ridge National Laboratory* tahun 1943-1984, dengan dosis akumulasi rata-rata setiap pekerja 1,4 mSv, menunjukkan adanya hubungan yang nyata antara radiasi dan kematian akibat kanker setelah mereka bekerja 10-20 tahun.<sup>15</sup>

Penelitian yang dilakukan terhadap penduduk di Inggris yang tinggal di sekitar kawasan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) maupun fasilitas nuklir

lainnya menunjukkan adanya sedikit kenaikan risiko kanker pada mereka, meskipun data tersebut masih diperdebatkan dan diperlukan adanya data pendukung lainnya serta penelitian lebih lanjut. Namun beberapa pihak mempercayai kenaikan tersebut disebabkan paparan radiasi ekstra dari sumber radiasi buatan.<sup>1</sup>

Penelitian terbaru mengungkap dampak negatif radiasi sinar-x atau CT-Scan pada anak-anak akibat radiasi alat-alat tersebut dalam waktu lama mampu meningkatkan risiko terserang penyakit leukemia. Para peneliti melaporkan bahwa paparan terhadap tiga kali atau lebih sinar-x di masa kanak-kanak akan meningkatkan kemungkinan seorang anak menderita leukimia sebanyak dua kali lipat. Para ahli peneliti mengecualikan paparan sinar-x pada tahun sebelum diagnosis dan sebelum kelahiran; ditemukan risiko seorang anak akan meningkat sekitar 1,85 kali lebih tinggi mengidap leukimia jika mereka telah terpapar sebanyak tiga kali atau lebih radiasi sinar-x.<sup>17</sup>

Ada perbedaan risiko paparan radiasi terhadap anak dibandingkan dewasa. Beberapa alasan untuk perbedaan ini adalah sebagian besar jaringan dan organ pada anak dalam tahap tumbuh kembang yang menyebabkan menjadi lebih sensitif terhadap efek radiasi dibandingkan dengan organ orang dewasa yang sudah matang.<sup>18</sup>

*United Nations Scientific Committee on the Effects of Ionizing Radiation* (UNSCEAR) melaporkan total cacat genetik serius pada anak-anak yang baru lahir di seluruh dunia sekitar 10.000 kasus per mSv dapat menimbulkan cacat serius antara 17-65 kasus per 1.000.000 kelahiran. Berdasarkan data tersebut, maka radiasi alam dengan dosis 2 mSv per tahun yang diterima penduduk bumi berpeluang menimbulkan cacat genetik 3-13 kasus untuk 1.000.000 kelahiran.<sup>15</sup>

Evaluasi cacat genetik akibat radiasi pengion pada manusia umumnya didasarkan pada hasil percobaan pada binatang. Meskipun cara ini masih menjadi ajang perdebatan di antara para pakar radiobiologi, namun data yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut menunjukkan frekuensi mutasi genetik meningkat dengan kenaikan pemberian dosis pada binatang percobaan. Mutasi genetik pada binatang percobaan seperti tikus, kera dan lalat meningkat secara linier pada rentang dosis antara 1-100 mSv.<sup>15</sup>

Dosis radiasi yang diterima seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan tidak boleh melebihi nilai batas dosis yang telah ditetapkan oleh instansi yang berwenang. Dengan menggunakan program proteksi radiasi yang disusun dan dikelola secara baik, maka semua kegiatan yang berisiko paparan radiasi cukup tinggi dapat ditangani sedemikian rupa sehingga nilai batas dosis yang telah ditetapkan tidak akan terlampaui.<sup>15</sup>

Nilai batas dosis di Indonesia dituangkan dalam Surat Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor PN 03/160/DJ/89 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja terhadap Radiasi. Peraturan tersebut disusun lebih mengacu kepada Publikasi ICRP No.26 tahun 1977. Nilai batas dosis yang ditetapkan dalam ketentuan tersebut bukan batas tertinggi. Meskipun demikian, karena setiap penyinaran memiliki risiko, setiap penyinaran yang tidak perlu harus dihindari dan penerimaan dosis harus diusahakan serendah-rendahnya.<sup>15</sup>

Semakin banyaknya penggunaan radiasi sinar-x dalam bidang kedokteran yang dosisnya melebihi dosis yang dianjurkan akan berakibat buruk terhadap system kekebalan tubuh.<sup>19</sup>

Disimpulkan bahwa gangguan kesehatan dalam bentuk apapun yang merupakan akibat dari paparan radiasi bermula dari interaksi antara radiasi pengion dengan sel maupun jaringan tubuh manusia. Karena interaksi itu maka sel-sel dapat mengalami perubahan struktur. Sewaktu proses perbaikan sel berlangsung, kadang dapat terjadi gangguan terhadap keseluruhan metabolisme, sehingga seluruh pembawa informasi perbaikan sel mengalami kerusakan.

Beberapa efek merugikan yang muncul pada tubuh anak sebab terpapar sinar-x dan gamma pada umumnya terjadi bintik kemerahan di kulit, kerontokan rambut, serostomia, gangguan perkembangan benih gigi, papila fungiformis, dan kadang menyebabkan leukemia. Efek radiasi pada gigi anak yang telah erupsi cenderung mengalami kerusakan akibat radiasi daerah rongga mulut, meskipun kerusakannya baru tampak setelah beberapa tahun setelah radiasi. Efek radiasi langsung

terjadi paling dini dari benih gigi, berupa gangguan kalsifikasi dan gangguan perkembangan benih gigi, serta gangguan erupsi gigi. Efek radiasi tidak langsung terjadi setelah pembentukan gigi dan erupsi gigi normal berada dalam rongga mulut, kemudian terkena radiasi ionisasi, maka akan terlihat kelainan gigi tersebut misalnya adanya karies radiasi.

Dampak negatif sinar-x pada anak-anak dalam waktu lama bisa meningkatkan resiko terserang leukemia. Paparan terhadap tiga kali atau lebih sinar-x di masa kanak-kanak meningkatkan kemungkinan seorang anak menderita penyakit leukemia sebanyak dua kali lipat, meskipun risiko secara keseluruhan masih kecil. Risiko seorang anak akan meningkat sekitar 1,85 kali lebih tinggi mengidap leukemia jika mereka telah terpapar sebanyak tiga kali atau lebih radiasi sinar-x.

Efek deterministik terkait dengan paparan radiasi dosis tinggi yang kemunculannya dapat langsung dilihat atau dirasakan oleh individu yang terkena radiasi. Efek tersebut dapat muncul seketika hingga beberapa minggu pascapenyinaran. Efek ini mengenal adanya dosis ambang, jadi hanya radiasi dengan dosis tertentu yang dapat menimbulkan dosis deterministik.

Dengan mengetahui kelainan-kelainan pada anak akibat terapi sinar-x, maka sangat perlu dilakukan prosedur perlindungan penyinaran radiasi sinar-x terhadap pasien maupun dokter atau operator, sehingga dapat memperkecil terjadinya kerusakan biologis yang ditimbulkan oleh penyinaran radiasi sinar-X.

Penyinaran diusahakan serendah mungkin sesuai dengan pedoman penggunaan radiasi di bidang kedokteran gigi, yang disesuaikan dengan usia pasien.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Fauziah A, Dwijayanti P. Pengaruh radiasi sinar-x terhadap mortilitas sperma pada tikus mencit (*mus musculus*). Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 2013; 9:93-6.
2. Mariyanto, Djoko, Solichin, Abidin Zainal. Analisis keselamatan kerja radiasi pesawat sinar-x di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta. Seminar Nasional IV SDM teknologi Nuklir 2008:679-90.
3. Alhamid A, Savitri E. Modifikasi teknik radiografi kedokteran gigi untuk tujuan pemeriksaan khusus. Jurnal Kedokteran Gigi Indonesia 2005:43-5.
4. Sarianofemi, Brahmanta A. Proteksi radiasi di bidang kedokteran gigi. Jurnal Kedokteran Gigi 2006:54-7.
5. Suyatno F. Aplikasi radiasi sinar-x di bidang kedokteran untuk menunjang kesehatan masyarakat. Seminar Nasional IV sdm Teknologi Nuklir 2008:503-9.
6. Iskandar HHB. Upaya proteksi radiasi di bidang kedokteran gigi dengan proyeksi radiografi yang tepat. Majalah Ilmiah Kedokteran Gigi 2006:75-80.
7. Supriyadi. Evaluasi apoptosis sel odontoblas akibat paparan radiasi ionisasi. *Indonesia Journal of Dentistry* 2008;15(1):71-6.
8. Rasad E. Buku Radiologi Diagnostik. Jakarta 2005: 15-7, 25-9.
9. Lukman D. Dasar-dasar radiologi dalam ilmu kedokteran gigi. Jakarta: Widya Medika;1995.
10. Rudi, Pratiwi, Susilo. Pengukuran paparan radiasi perawat sinar-x di instalasi radiodiagnostik untuk proteksi radiasi. *J Unnes Physics* 2012:19-24.
11. Humaidi S. Dampak radiasi monitor komputer. Universitas Sumatra Utara;2005:1-9.
12. Kusumawati DD, Yuliati H. Terimaan dosis radiasi foto thorak oleh pasien anak;2006.

13. Misjuherlina, Pervitasari D. Paparan radiasi terhadap keterpaparan radiografer ruangan penyinaran instalasi radioterapi RSUPN Ciptomangunkusomo Jakarta. *Jurnal Ekologi Kesehatan* 2006; 5(3):478-85.
14. Trikasjono T, Supriyanti E, Budiyo H. Studi penerimaan dosis eksternal pada pekerja radiasi di kawasan Batan Yogyakarta. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*; 2008:25-6.
15. Akhadi M. *Buku dasar-dasar proteksi radiasi*. Jakarta; 2000. p.134-43
16. Ilyas S, Samosir H. Pengaruh paparan radiasi terhadap petugas *brachytherapy* Di Rumah Sakit Umum Pusat Haji Adam Malik; 2008.
17. Al Mustafa. Sinar-X dan CT scan picu leukimia [Internet] Available From: <https://mustafawordpress.wordpress.com/sinr-x-dan-ct-scan/> [Accessed at 09 juli 2014].
18. Alatas Z. Risiko radiasi dari computed tomography pada anak. *Seminar Nasional IX SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*; 2013.
19. Pengastuti A, Listyawati S, Widyasari E. Pengaruh iradiasi sinar-x terhadap produksi antibodi mencit galur BALB/c dengan pemberian vaksin toksoid tetanus. *Bioteknologi* 2007; 4(1):13-9.