

PERTEMUAN KE 11 (50 MENIT)

EFEK RADIASI IONISASI SINAR X TERHADAP JARINGAN

TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS :

Menjelaskan efek radiasi ionisasi sinar X terhadap jaringan

Sub pokok bahasan :

1. Satuan pengukur radiasi
2. Dosis maksimum radiasi
3. Interaksi Radiasi Sinar X dengan Jaringan Biologis
4. Alat Pengukuran radiasi
5. Efek dan Bahaya Radiasi

PENDAHULUAN

Penggunaan alat Sinar X untuk diagnosa dan pengobatan memerlukan kehati-hatian karena tingginya resiko bahaya yang dapat ditimbulkan dari penggunaannya atau hal lain yang diakibatkan radiasi ionisasi. Semua jaringan pada hewan dan manusia peka terhadap radiasi. Penggunaan dosis minimum dengan nilai yang melebihi batas tertentu dapat menyebabkan kerusakan atau perubahan pada jaringan yang terpapar. Jaringan yang sangat rentan terhadap bahaya radiasi antara lain adalah : kulit, limfatik, hemopoetik, leukopoetik, glandula mamary, thyroid, tulang (pada pusat pertumbuhan epifise), epitel germinal atau gonad. Oleh sebab itu, kehati-hatian dalam penggunaan radiasi sangat diperlukan, karena kemungkinan terjadinya kesalahan dalam penggunaan radiasi sangat besar. Radiasi ionisasi mempunyai sifat tidak berwujud/tampak, tidak berbau dan tidak memberikan rangsangan fisik langsung pada objek yang terpapar. Efek radiasi pada objek yang terpapar sangat berbahaya dan bersifat kumulatif dari penyinaran yang terus menerus. Efek yang sering muncul antara lain erithema, alergi hingga mutasi genetik.



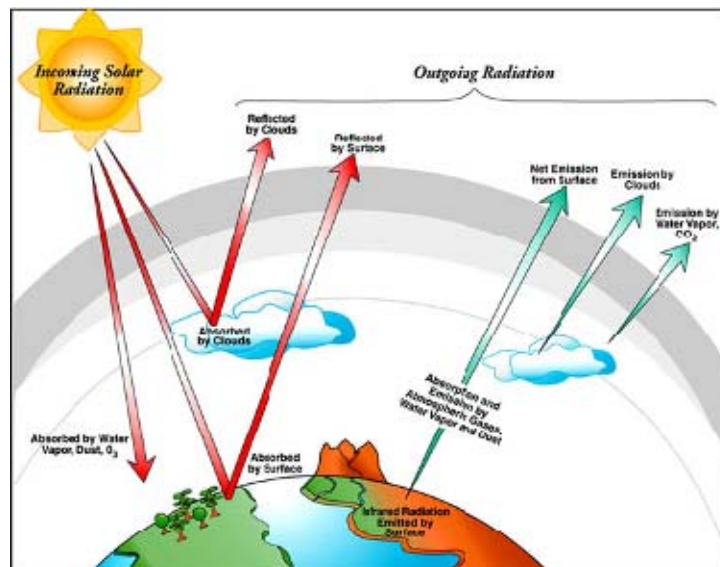
Gambar 11.1. Berbagai bentuk kerusakan yang diakibatkan oleh radiasi sinar-x.

PENYAJIAN

Sub Pokok Bahasan 1: Satuan Pengukur Radiasi

Pengukuran jumlah radiasi yang digunakan sangat dibutuhkan. Pengukuran ini didasarkan pada ukuran dari jumlah pasangan ion yang diproduksi di udara oleh radiasi yang mendekat dan disampaikan pada sistem SI (Satuan Internasional) sebagai *coulom of charge* per kilogram udara (C/kg). Untuk menjelaskan jumlah pencahayaan dinamakan roentgen. Satu Roentgen sama dengan produksi 2.58×10^{-4} C/kg di udara. Istilah-istilah yang berkaitan dengan pengukuran radiasi:

1.
2.
3.
4.
5.



Gambar 11.2. Skema radiasi yang diterima oleh bumi dari matahari.

Sub Pokok Bahasan 2: Dosis Maksimum Radiasi

United States Nuclear Regulatory Commision (NRC) adalah salah satu sumber informasi resmi yang dijadikan standar di beberapa Negara untuk penetapan garis pedoman pada proteksi radiasi. NRC telah menyatakan bahwa dosis individu terpapar radiasi maksimal adalah 0.05 Sv atau 5 rem/tahun. Walaupun NRC adalah badan resmi yang berkenaan dengan batas pencahayaan ionisasi radiasi, namun ada kelompok lain yang juga merekomendasikan hal serupa. Salah satu kelompok tersebut adalah National Council on Radiation Protection (NCRP), yang merupakan kelompok ilmuwan pemerintah yang rutin

mengadakan pertemuan untuk membahas riset radiasi terbaru dan mengupdate rekomendasi mengenai keamanan radiasi.



Gambar 11.3. Logo NRC Amerika Serikat.

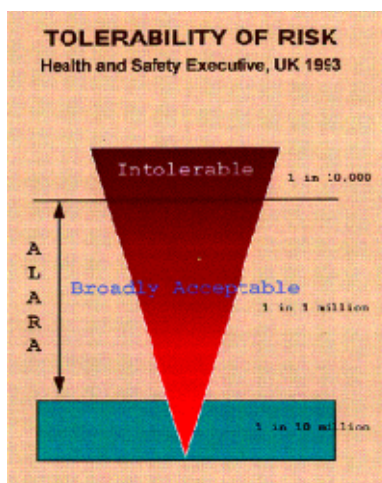
Menurut NCRP, tujuan dari proteksi radiasi adalah :

1. Untuk mencegah radiasi klinis yang penting, dengan mengikuti batas dosis minimum
2. Membatasi resiko terhadap kanker dan efek kelainan turunan pada masyarakat.

Dosis maksimum yang diijinkan adalah jumlah maksimum penyerapan radiasi yang sampai pada seluruh tubuh individu, atau sebagai dosis spesifik pada organ tertentu yang masih dipertimbangkan aman. Aman dalam hal ini berarti tidak adanya bukti bahwa individu mendapatkan dosis maksimal yang telah ditetapkan, dimana cepat atau lambat efek radiasi tersebut dapat membahayakan tubuh secara keseluruhan atau bagian tertentu.

Rekomendasi untuk batas atas paparan telah dibentuk pula oleh NCRP sebagai panduan didalam pekerjaan yang berkaitan dengan radiasi. Rekomendasi NRCP meliputi:

1. Individu/operator tidak diizinkan bekerja dengan radiasi sebelum umur 18 tahun.
2. Dosis yang efektif pada tiap orang pertahun mestinya tidak melebihi 50 mSv (5 rem).
3. Untuk khalayak ramai, ekspose radiasi (tidak termasuk dari penggunaan medis) mestinya tidak melebihi 1 mSv (0,1 rem) per tahun.
4. Untuk pekerja yang hamil, batasan ekspose janin atau embrio mestinya tidak melebihi 0,5 mSv (0,05 rem). Dengan demikian untuk pekerja wanita yang sedang hamil tidak lagi direkomendasikan bekerja sampai kehamilannya selesai.



Gambar 11.4. Skema prinsip ALARA di UK tahun 1993

Tabel 11.1. Rekomendasi Dosis maksimum yang diperbolehkan :

Bagian Tubuh / individual	Rata-rata per minggu (mrem)	Maksimum per quarter (rem)	Maksimum per tahun (rem)
Pekerja			
Seluruh badan, gonad, organ pembentuk darah, mata	1	3	5
Kulit seluruh badan	-	10	30
Tangan, lengan, kepala, leher, kaki dan mata kaki	1.5	25	75
Wanita subur	-	-	0.5
Masyarakat umum			
Seluruh badan	0.1		0.5
Pelajar	-		0.10
Populasi	-		0.17

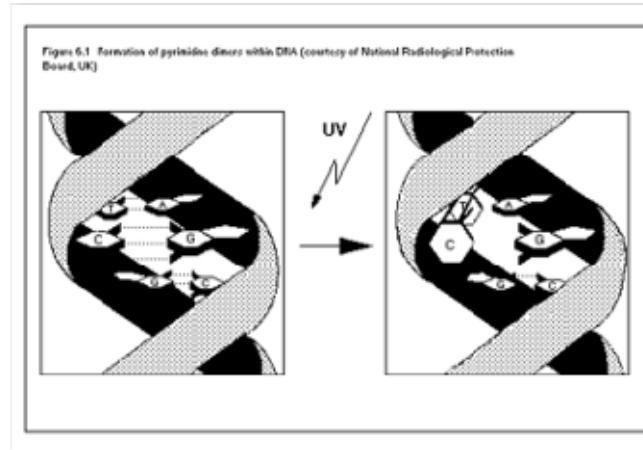
Sub Pokok Bahasan 3: Interaksi Radiasi Sinar X dengan Jaringan Biologis

Sinar Roentgen menghasilkan pasangan elektron (ionisasi) di dalam jaringan. Karena kebanyakan jaringan mengandung 70 air persen, ionisasi molekul air menyebabkan pembentukan radikal aktif bebas. Radikal bebas ini yang kebanyakan menyebabkan kerusakan pada jaringan. Persentase yang kecil dari Sinar Rontgen saling berhubungan secara langsung dengan DNA, menghasilkan beberapa perubahan potensi, seperti

6.

7.
8.

Efek ini dapat diminimalisir dan diperbaiki secara enzimatis dengan cepat atau dapat mengakibatkan kematian pada sel tersebut.



Gambar 11.5. Kerusakan DNA akibat radiasi ultra violet.

Tergantung dari jaringan yang terlibat, radiasi sinar-rontgen dapat mempunyai efek yang bermacam-macam dari mulai sinar yang tak dapat dilihat hingga menyebabkan kematian. Jenis jaringan yang disinari mempunyai dampak atas efek radiasi. Sebagai contoh, suatu jaringan yang tidak aktif membelah, seperti otot, boleh menerima suatu dosis yang relatif tinggi. Sebaliknya dengan jaringan yang aktif membelah, seperti epitelium yang berhubungan dengan usus dan sumsum tulang, adalah sangat berespon terhadap radiasi. Dua jaringan lain yaitu gonad dan fetus, mempunyai arti penting berkenaan dengan keselamatan radiasi. Kedua jenis jaringan ini sangat sensitive dengan radiasi sinar Roentgen. Fetus yang lebih muda mempunyai potensi yang besar untuk mengalami kerusakan, berupa kematian embrio, malformasi kongenital dan gangguan pertumbuhan.

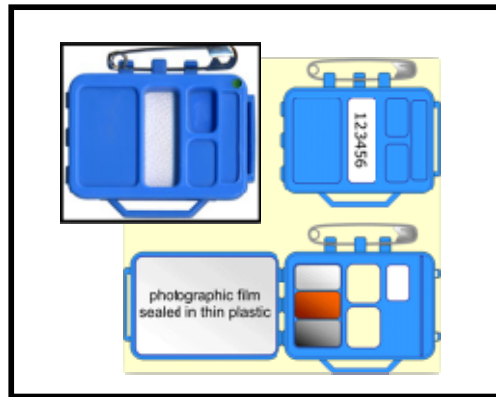
Sub Pokok bahasan 4: Alat Pengukuran Radiasi

Sinar x adalah gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh sebuah mesin dengan partikel sinar x yang disebut photon. Partikel tersebut mampu menembus jaringan tubuh dan menghasilkan gambar pada film yang diletakkan dibelakang subjek. Oleh sebab itu, setiap orang perlu menanyakan secara kritis segala sesuatu mengenai sinar X apabila akan menjalani pengobatan maupun penggunaan sinar X.

Alat-alat yang dipakai untuk pengukuran radiasi:

1. Film Badge

9. Fungsi

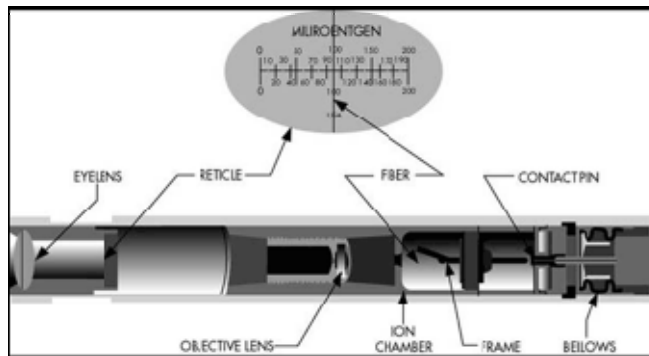


Gambar 11.6. Film badge dan skema bagian-bagiannya.

2. Dosimeter saku

10. Fungsi

Pada dasarnya dosimeter saku lebih teliti dari pada film badge.



Gambar 11.7. Film badge dan skema bagian-bagiannya.

Di Indonesia alat pengukuran radiasi biasanya menggunakan alat Geiger-Muller Survey meter yang bacaannya langsung mR/jam (milli Roengen / jam) atau Count per menit.



Gambar 11.8. Geiger-Muller Survey untuk mengukur laju paparan sinar-x

Penggunaan Geiger-Muller Survey di radiodiagnostik:

1. Mengukur laju pemaparan pada tempat-tempat:

- ✓ personil bekerja
- ✓ dinding-dinding luar sinar-x
- ✓ pintu-pintu
- ✓ jendela kaca Pb.

2. Memeriksa apakah alat-alat proteksi memenuhi syarat-syarat proteksi.

Tata tertib penggunaan untuk proteksi personil

Personil dianjurkan untuk memakai film badge secara terus-menerus dan mengikuti ketentuan-ketentuan di ruang pesawat sinar-x diagnostic yang meliputi:

11.
12.

Sub Pokok Bahasan 5: Efek dan Bahaya Radiasi

Beberapa efek yang merugikan dari radiasi hanya berlangsung singkat, sedangkan efek lainnya bisa menyebabkan penyakit menahun. Efek dini dari radiasi dosis tinggi akan tampak jelas dalam waktu beberapa menit atau beberapa hari. Efek lanjut mungkin baru tampak beberapa minggu, bulan atau bahkan bertahun-tahun kemudian. Mutasi (pergeseran) bahan genetik dari sel-sel organ kelamin akan tampak jelas hanya jika hewan yang terpapar radiasi memiliki anak, dimana anaknya mungkin terlahir dengan kelainan genetik.

Pengaruh radiasi pada organ tubuh manusia dapat bermacam-macam bentuk tergantung pada :

13.
14.
15.
16.
17.

Paparan radiasi ionisasi terhadap jaringan tubuh menyebabkan 2 jenis efek, yaitu akut (segera) dan kronik (menahun) :

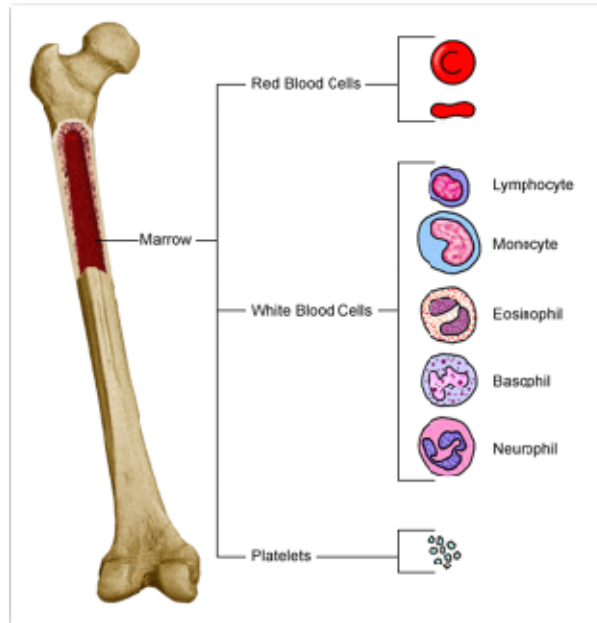
1. Efek akut

Efek akut menghasilkan kerusakan sel parenkim akibat dosis yang besar dari radiasi ionisasi. Perubahan pada kulit termasuk eritema, desquamasi kering, desquamasi lembab dan pengelupasan kulit. Pemaparan lokal terhadap organ radiosensitif lainnya seperti kelenjar tyroid, organ lymphoid, usus dan ginjal dapat menyebabkan hilangnya sel parenkim yang mengarah pada kegagalan organ dan disfungsi. Masuknya paparan radiasi akut terhadap sistem tubuh lebih serius.

Efek akut radiasi terhadap tubuh mengakibatkan kerusakan berbagai organ yang berbeda yaitu :

a) Sindrom sumsum tulang (hematopoietik)

Sindrom sumsum tulang (hematopoietik) jika terpapar 18.....-..... rad (2.5-5 Gy) di dalam tubuh. Apabila pasien tidak diterapi dapat terjadi kematian selama 15-30 hari. Kegagalan fungsi sumsum tulang dapat menyebabkan infeksi, defisiensi imun dan diathesis hemoragika. Fungsi sel pada saluran gastrointestinal juga mengalami kerusakan. Muntah, diare, hilangnya cairan dan gangguan barier mukosa sampai terjadinya infeksi merupakan kontribut kematian.



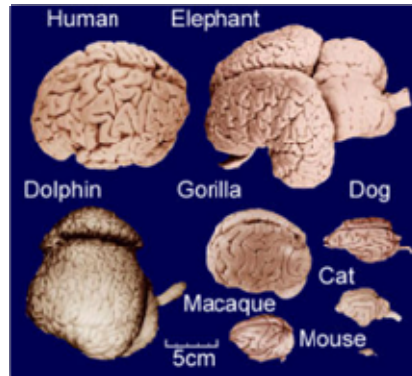
Gambar 11.9. Hematopoietik oleh sumsum tulang femur

b) Sindrom gastrointestinal

Sindrom gastrointestinal jika terpapar 19.....-..... rad (5-12 Gy) di dalam tubuh. Apabila pasien tidak diterapi dapat terjadi kematian selama 3-10 hari. Gejalanya dapat berupa mual hebat, muntah dan diare, yang menyebabkan dehidrasi berat.

c) Sindrom cerebrovaskular

Sindroma otak terjadi jika dosis total radiasi sangat tinggi (20..... Gy) dan selalu berakibat fatal. Gejala awal berupa mual dan muntah, lalu diikuti oleh lelah, ngantuk dan kadang koma. Gejala ini kemungkinan besar disebabkan oleh adanya peradangan otak.



Gambar 11.10. Berbagai macam bentuk otak dari berbagai macam hewan.

2. Efek kronis

Pemaparan berulang atau pemaparan jangka panjang oleh radiasi dosis rendah dari implan radioaktif atau sumber eksternal, bisa menyebabkan terhentinya menstruasi (amenore), berkurangnya kesuburan pada pria dan wanita, berkurangnya gairah seksual (libido) pada wanita, katarak dan berkurangnya jumlah sel darah merah (anemia), sel darah putih (leukopenia dan trombosit (trombositopenia). Dosis sangat tinggi pada bagian tubuh tertentu bisa menyebabkan rambut rontok, kulit menipis dan terbentuknya luka terbuka (ulkus, borok), kapalan dan spider nevi (daerah kemerahan seperti laba-laba akibat pelebaran pembuluh darah kecil di bawah permukaan kulit).

Kadang cedera berat pada organ yang terpapar radiasi terjadi beberapa bulan/tahun setelah menjalani terapi radiasi untuk kanker yaitu :

- Fungsi ginjal bisa menurun dalam waktu 6 bulan sampai 1 tahun setelah penderita menerima dosis radiasi yang sangat tinggi; juga bisa terjadi anemia dan tekanan darah tinggi.
- Penimbunan radiasi dosis tinggi di dalam otot bisa menyebabkan nyeri, pengecilan otot (atrofi) dan penimbunan kalsium di dalam otot yang teriritasi. Meskipun sangat jarang terjadi, perubahan ini bisa menyebabkan tumor otot ganas.
- Radiasi pada tumor paru bisa menyebabkan peradangan paru (pneumonitis radiasi) dan radiasi dosis tinggi bisa menyebabkan pembentukan jaringan parut yang hebat pada paru-paru (fibrosis), yang bisa berakibat fatal.
- Jantung dan kantungnya bisa mengalami peradangan setelah diberikan radiasi yang luas pada tulang dada dan dada.
- Penimbunan radiasi di dalam korda spinalis bisa menyebabkan kerusakan hebat yang berakhir dengan kelumpuhan.

- f. Radiasi ekstensif pada perut (untuk kanker kelenjar getah bening, testis atau ovarium) bisa menyebabkan terbentuknya ulkus kronis, jaringan parut dan perforasi pada usus.

DAFTAR PUSTAKA

- Thrall DE. 1998. Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. Veterinary Medicine, State University. Raleigh, North Carolina.
- Ticer JW. 1975. Radiographic Technique in Small Animal Practice. Veterinary Radiologist. Philadelphia, London, Toronto.
- Widmer WR, Cantwell HD, Shaw SM, Vogel KM, Hurd CD, Han CM, Blevins WE. 1994. Radiology in Practice The Compendium Collection. Trenton, New Jersey.