



Pencegahan Efek Radiasi pada Pencitraan Radiologi

Reginald Maleachi, Ricardo Tjakraatmadja
Alumni Fakultas Kedokteran Atma Jaya, Jakarta, Indonesia

ABSTRAK

Efek radiasi dalam bidang radiologi tidak dapat dihindari. Ahli radiologi perlu berhati-hati terhadap bahaya dan efek radiasi, mengetahui batasan dosis radiasi yang aman, cara meminimalkan paparan radiasi, dosis terkecil untuk visualisasi pencitraan yang baik. Keselamatan pasien dan petugas medis perlu mendapat perhatian khusus. Proteksi radiasi penting untuk pasien, staf, serta ahli radiologi sendiri dengan cara menaati indikasi pemeriksaan yang tepat, jumlah pemeriksaan seminimal mungkin, dan sedapat mungkin memilih modalitas pencitraan yang tidak memerlukan radiasi.

Kata kunci: Pencitraan, proteksi, radiasi, radiologi.

ABSTRACT

The effects of radiation in radiology can not be avoided. Radiologists need to be cautious of the radiation effects, know the limit of radiation dose, and minimize radiation exposure, to get the best visualization image with minimal dose. Safety of patients and medical staffs need special attention. Radiation protection is important for patients, staffs, and radiologists through proper indications, minimizing examinations, and to prioritize non-radiation imaging modalities. **Reginald Maleachi, Ricardo Tjakraatmadja. Prevention from Radiation Effect in Radiological Procedures.**

Keywords: Imaging, protection, radiation, radiology.

PENDAHULUAN

Penggunaan *CT scan* dan fluoroskopi memerlukan kewaspadaan tinggi karena cukup sering digunakan serta memiliki dosis radiasi pengion lebih tinggi. Paparan radiasi dosis tunggal yang tinggi atau paparan akumulatif dikaitkan dengan timbulnya kanker.¹ Diperkirakan sekitar 29.000 kasus kanker di masa depan dapat dikaitkan dengan pencitraan CT yang dilakukan di AS pada tahun 2007.¹ Kontribusi terbesar berasal dari pemindaian perut dan panggul.¹ Pada radiografi pengionisasi (*x ray*, fluoroskopi, dan *computed tomography* [CT] *scan*), keselamatan pasien harus menjadi prioritas utama. Tinjauan pustaka ini bertujuan mengingatkan bahaya radiasi, batasan dosis radiasi yang aman, serta cara meminimalkan paparan radiasi pada pasien dan petugas.

EFEK RADIASI

Efek biologis radiasi pada manusia dapat terjadi pada individu yang terkena radiasi tersebut (efek somatik) ataupun keturunannya (efek herediter/genetik). Efek somatik dibagi menjadi efek deterministik dan efek stokastik,

sedangkan efek genetik semuanya bersifat stokastik.²

Efek deterministik dapat berupa kerusakan kulit, kerusakan sistem hematopoietik sumsum tulang, dan lensa mata serta sindrom radiasi. Terdapat hubungan jelas antara derajat keparahan penyakit dan dosis, sehingga dapat diatur dosis radiasi yang aman dari efek deterministik ini.^{2,3}

Efek stokastik dapat terjadi meskipun dalam batas radiasi yang telah direkomendasikan. Efek stokastik ditentukan oleh efek probabilitas; dosis radiasi minimal pun memiliki efek stokastik dalam meningkatkan potensi tumor dan kerusakan genetik. Oleh sebab itu, tidak ada nilai ambang sejati yang dapat menjamin paparan sinar X benar-benar aman. Efek ini fundamental berkaitan dengan penggunaan semua radiasi ionisasi dalam radiologi diagnostik dan menjadi alasan utama proteksi umum terhadap radiasi. Salah satu contoh efek stokastik yang berbahaya adalah kanker dan kelainan genetik.^{2,3}

Beberapa penelitian mempelajari efek radiasi khususnya dampak radiasi terhadap kanker (efek stokastik). Studi korban bom atom, yaitu dalam kelompok studi *Life Span Study* (LSS) menunjukkan risiko kanker tertinggi pada kanker ginjal, panggul, dan ureter, kemudian kanker payudara (perempuan), sistem pencernaan, kandung kemih, ovarium (perempuan), paru, usus besar, kerongkongan, kandung empedu, hati dan perut.⁴ Studi Richardson, *et al*, membuktikan hubungan kuat antara radiasi dan kejadian leukemia; *relative risk* mortalitas leukemia akibat radiasi adalah 2,96 per Gy,⁵ menunjukkan dampak radiasi terhadap kelainan hematologis.⁵ Li, *et al*,⁶ dan Preston, *et al*,⁷ juga menunjukkan risiko *solid tumor* akibat paparan radiasi. Preston, *et al*,⁷ menilai bahwa kenaikan tingkat kanker tetap ada sepanjang hidup tanpa memandang usia saat terpapar. Daniels dan Schubauer-Berigan mengevaluasi beberapa penelitian primer menunjukkan bahwa paparan akut meningkatkan risiko kanker lebih besar dibandingkan paparan jangka panjang.⁸ Musa, *et al*, menunjukkan paparan dosis radiasi 100 mGy pada ibu hamil usia gestasi



2 minggu dapat menimbulkan kematian embrio; dosis radiasi 5000 mGy menimbulkan 100% kematian embrio atau fetus di bawah usia gestasi 18 minggu. Penelitian tersebut juga menunjukkan penurunan IQ pada fetus yang terkena radiasi, khususnya dosis tinggi. Dosis radiasi di bawah 50 mGy tidak terdeteksi menimbulkan efek kesehatan pada fetus. Pada dosis 50 - 100mGy dapat ditemukan efek signifikan pada usia gestasi 8-25 minggu. Pemeriksaan di atas 100 mGy tidak boleh pada ibu hamil meskipun fluoroskopi, barium enema, dan radioterapi.⁹

Rekomendasi Dosis Radiasi pada Pencitraan
Radiasi dari proses *medical imaging* patut diperhitungkan (Tabel). Dosis radiasi dari radiografi polos cenderung kecil dibanding *CT scan*, prosedur kedokteran nuklir menghasilkan paparan radiasi paling besar. Dalam prosedur kedokteran nuklir, sejumlah kecil bahan radioaktif diserap, disuntikkan, atau ditelan oleh pasien, sehingga menghasilkan total radiasi yang cukup tinggi. Pada tabel tersebut, radiografi penunjang diagnostik juga dibandingkan dengan radiasi alam tahunan.^{10,11}

Menurut *US Environmental Protection Agency*, petugas radiologi direkomendasikan tidak melewati batas 100mSv dalam 5 tahun. Sedangkan di Indonesia, terdapat peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) mengenai dosis maksimal radiasi yang diterima pekerja radiologi dan masyarakat.^{11,12}

Peraturan BAPETEN Nomor 15 tahun 2014¹²
Pasal 24:

- Dosis Efektif sebesar 20 mSv (dua puluh milisievert) per tahun rata-rata selama 5 (lima) tahun berturut-turut
- Dosis Efektif sebesar 50 mSv (lima puluh milisievert) dalam 1 (satu) tahun tertentu
- Dosis Ekuivalen untuk lensa mata sebesar 20 mSv (dua puluh milisievert) per tahun rata-rata selama 5 (lima) tahun berturut-turut dan 50 mSv (lima puluh milisievert) dalam 1 (satu) tahun tertentu, dan
- Dosis Ekuivalen untuk tangan dan kaki, atau kulit sebesar 500 mSv (lima ratus milisievert) dalam 1 (satu) tahun

Pasal 25:

Nilai batas dosis untuk masyarakat:

- Dosis Efektif sebesar 1 mSv (satu milisievert) dalam 1 (satu) tahun

- Dosis Ekuivalen untuk lensa mata 15 mSv (lima belas milisievert) dalam 1 (satu) tahun, dan
- Dosis Ekuivalen untuk kulit 50 mSv (lima puluh milisievert) dalam 1 (satu) tahun.

Pencegahan dan Perlindungan terhadap Radiasi

Prinsip keselamatan kerja yang baik, keputusan rasional, dapat menurunkan dosis paparan radiasi terhadap praktisi kesehatan dan pasien. Tiga prinsip penting proteksi radiasi dalam konsensus *International Commission on Radiological Protection (ICPR)*:²

- Prinsip justifikasi: paparan radiasi harus lebih banyak manfaatnya dibandingkan akibatnya.
- Prinsip optimalisasi proteksi: kemungkinan timbulnya paparan, jumlah orang yang terkena, dan besarnya dosis individual harus sesuai prinsip ALARA





(*As Low As Reasonably Achievable*), dan memperhatikan faktor sosial ekonomi.

- Prinsip limitasi dosis: jumlah dosis yang diterima oleh suatu individu selain dari paparan medis tidak boleh melebihi batas yang direkomendasikan ICRP.²

Perlindungan Pasien

Teknis pelaksanaan pemeriksaan turut berdampak pada perlindungan pasien: durasi fluoroskopi diusahakan sesingkat mungkin, volume radiasi dijaga serendah mungkin dengan kolimasi cermat, jarak pasien dengan detektor diusahakan dekat, dan protokol pemeriksaan (contoh dalam CT) dioptimalkan dosisnya oleh dokter yang berpengalaman dan oleh teknologi pemindaian yang lebih baik. Dosis minimal berarti dosis yang masih memberikan kinerja diagnostik pemeriksaan yang baik, disebut sebagai prinsip ALARA. Sistem detektor penghemat dosis seperti

Tabel. Dosis rata-rata pemeriksaan *imaging*¹⁰

| | Procedure | Approximate effective radiation dose | Comparable to natural background radiation for |
|--|--|--------------------------------------|--|
|  ABDOMINAL REGION | Computed Tomography (CT) — Abdomen and Pelvis | 10 mSv | 3 years |
| | Computed Tomography (CT) — Abdomen and Pelvis, repeated with and without contrast material | 20 mSv | 7 years |
| | Computed Tomography (CT) — Colonography | 6 mSv | 2 years |
| | Intravenous Pyelogram (IVP) | 3 mSv | 1 year |
| | Radiography (X-ray) — Lower GI Tract | 8 mSv | 3 years |
| | Radiography (X-ray) — Upper GI Tract | 6 mSv | 2 years |
|  BONE | Radiography (X-ray) — Spine | 1.5 mSv | 6 months |
| | Radiography (X-ray) — Extremity | 0.001 mSv | 3 hours |
|  CENTRAL NERVOUS SYSTEM | Computed Tomography (CT) — Head | 2 mSv | 8 months |
| | Computed Tomography (CT) — Head, repeated with and without contrast material | 4 mSv | 16 months |
| | Computed Tomography (CT) — Spine | 6 mSv | 2 years |
|  CHEST | Computed Tomography (CT) — Chest | 7 mSv | 2 years |
| | Computed Tomography (CT) — Lung Cancer Screening | 1.5 mSv | 6 months |
| | Radiography — Chest | 0.1 mSv | 10 days |
|  DENTAL | Intraoral X-ray | 0.005 mSv | 1 day |
|  HEART | Coronary Computed Tomography Angiography (CTA) | 12 mSv | 4 years |
| | Cardiac CT for Calcium Scoring | 3 mSv | 1 year |
|  MEN'S IMAGING | Bone Densitometry (DEXA) | 0.001 mSv | 3 hours |
|  NUCLEAR MEDICINE | Positron Emission Tomography — Computed Tomography (PET/CT) | 25 mSv | 8 years |
|  WOMEN'S IMAGING | Bone Densitometry (DEXA) | 0.001 mSv | 3 hours |
| | Mammography | 0.4 mSv | 7 weeks |



kombinasi layar-film atau detektor area digital yang optimal, serta filtrasi sinar yang adekuat, penting dimiliki.

Bagi pasien, kolimasi berkas sinar X penting untuk menjaga agar pajanan akibat radiasi hamburan tetap rendah. Pelindung timbal harus dikenakan bila mungkin untuk memperkecil pajanan terhadap gonad; pada trauma, pelindung timbal pada ovarium perempuan tidak mungkin dikenakan karena fraktur cincin panggul bisa saja terlewatkan. Pemindai CT jenis baru dapat memodifikasi konstan arus tabung dan pajanan menurut ketebalan pasien di tiap lokasi sambil terus melanjutkan pemeriksaan.²

Perlindungan Dokter yang Memeriksa

Sebagian besar faktor yang melindungi pasien dari radiasi juga akan menghilangkan pajanan radiasi bagi radiolog. Faktor-faktor ini meliputi pengalaman dokter pemeriksa yang memadai, durasi fluoroskopi yang singkat, kolimasi berkas sinar X yang ketat, peralatan sinar X dosis minimal, dan ketaatan terhadap indikasi pemeriksaan yang ketat. Tindakan perlindungan yang sangat efektif adalah dengan menjaga jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi primer ataupun sekunder; pada tindakan fluoroskopi, dianjurkan agar semua staf berjarak setidaknya 36 inci dari sumber radiasi selama proses fluoroskopi berlangsung.¹⁶ Tindakan perlindungan lain adalah menggunakan alat berlapis timbal, seperti dinding (yang kadang dapat

dipindah-pindah), apron timbal, sarung tangan, pelindung tiroid, dan kacamata serta pelindung mata berkaca timbal.^{2,13,14}

SIMPULAN

Pemilihan pemeriksaan penunjang radiasi dalam praktik medis perlu pertimbangan akurat. Penelitian harus berfokus terhadap teknologi penggunaan radiasi yang kecil dengan kualitas gambar yang baik. Dosis radiasi harus dalam dosis yang dianjurkan. Proteksi radiasi dilakukan terhadap pasien, staf, serta radiologis sendiri. Proteksi radiasi yang terbaik adalah menaati indikasi pemeriksaan dengan tepat, mengurangi jumlah pemeriksaan seminimal mungkin, dan sedapat mungkin memilih modalitas pencitraan yang tidak memerlukan radiasi.

DAFTAR PUSTAKA:

1. Berrington de González A, Mahesh M, Kim KP, Bhargavan M, Lewis R, Mettler F, et al. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Arch Intern Med.* 2009; 169(22):2071-7.
2. Dance DR, Christofides S, Maidment ADA, McLean ID, Ng KH. *Diagnostic radiology physics: A handbook for teachers and students.* Vienna: International Atomic Agency, 2014.
3. Eastman GW, Wald C, Crossin J. *Radiologi klinis belajar dari awal: Dari gambar ke diagnosis.* Indonesia: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2015.
4. Ozasa K, Shimizu Y, Suyama A, Kasagi F, Soda M, Grant EJ, et al. Studies of the mortality of atomic bomb survivors, report 14, 1950–2003: An overview of cancer and noncancer diseases. *Radiat Res.* 2012;177(3):229-43.
5. Leuraud K, Richardson D, Cardis E, Daniels RD, Gillies M, O'Hagan JA, et al. Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study. *Lancet Haematol.* 2015;2(7):276-81.
6. Li CI, Nishi N, McDougall JA, Semmens EO, Sugiyama H, Soda M, et al. Relationship between radiation exposure and risk of second primary cancers among atomic bomb survivors. *Cancer Res.* 2010;70(18):7187-98.
7. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors:1958-1998. *Radiat Res.* 2007;168(1):1-64.
8. Daniels RD, Schubauer-Berigan MK. A meta-analysis of leukaemia risk from protracted exposure to low-dose gamma radiation. *Occup Environ Med.* 2011;68(6):457-64.
9. Musa GA, Mohd ET. The effects of X-rays (radiation) on embryonic and fetal during developmental pregnancy stages [Internet]. 2015 [cited 2017 June 15]. Available from: <https://www.omicsonline.org/open-access/the-effects-of-xrays-radiation-on-embryonic-and-fetal-during-developmental-pregnancy-stages-2155-9619-1000231.pdf>
10. The American College of Radiology. Radiation dose to adults from common imaging examinations [Internet]. Available from: <https://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PDF/QualitySafety/Radiation-Safety/Dose-Reference-Card.pdf>
11. U.S. Environmental Protection Agency, Reuters, Graphic: Melina Yingling. Effects on radiation exposure [Internet]. 2011 [cited 2017 June 15]. Available from: <http://deregulatetheatom.com/reference/radiation/quick-radiation-reference-guide/>
12. Bapeten. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir nomor 15 tahun 2014 tentang keselamatan radiasi dalam produksi pesawat sinar-X radiology diagnostic dan intervensional [Internet]. 2014 [cited 2017 Aug 10]. http://jdih.bapeten.go.id/files/_408_652.pdf
13. Goodman BS, Carnel CT, Mallempati S, Agarwal P. Reduction in average fluoroscopic exposure times for interventional spinal procedures through the use of pulsed and low-dose image settings. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011;90(11):908-12.
14. Giordano BD, Baumhauer JF, Morgan TL, Rechline GR II. Patient and surgeon radiation exposure: Comparison of standard and mini-C-arm fluoroscopy. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91(2):297-304.