



THE RADIATION DOSE PROFILE IN PEDIATRIC INTERVENTIONAL CARDIOLOGY TO ESTIMATE THE STOCHASTIC EFFECT RISK: PRELIMINARY STUDY

PROFIL DOSIS RADIASI PADA PROSEDUR KARDIOLOGI INTERVENSIONAL ANAK DALAM MEMPERKIRAKAN RESIKO TERJADINYA EFEK STOKASTIK : STUDI AWAL

Research Report
Penelitian

Lailatul Muqmiroh¹, Soegardo Indra Praptono¹, Rusmanto², Raisalatul Latifah¹, Anggraini Dwi Sensusiaty^{1,3}

¹Department of Health, Faculty of Vocational Education, Universitas Airlangga, Surabaya-Indonesia

²Indonesian Nuclear Energy Regulatory Agency (BAPETEN), Jakarta-Indonesia

³Department of Radiology, Faculty of Medicine, Universitas Airlangga, Surabaya-Indonesia

ABSTRACT

Background: The specific characteristic of anatomy and physiology of children cause the risk of radiation effects received when they underwent the interventional cardiology procedures higher than an adult. **Purpose:** to estimate the stochastic effect risk in a pediatric patient during interventional cardiology procedures. **Methods:** Data collection was performed by placing thermoluminescence dosimeter (TLD) on thyroid, gonad, left and right thoracic areas, and the 5th thoracic vertebrae during interventional cardiology. **Results:** The results showed that the greatest exposure was received around vertebrae (bone marrow) because of the superimpose X-ray on the vertebrae during the procedures. **Conclusion:** The greatest probability of stochastic effect that happened was leukemia. Estimation risk ratio of leukemia was 0,9 % and thyroid cancer was 0,037%.

ABSTRAK

Latar Belakang: Karakteristik anatomi dan fisiologi anak yang spesifik dibandingkan dengan orang dewasa menyebabkan resiko terjadinya efek radiasi yang diterima pada saat menjalani tindakan kardiologi intervensi semakin tinggi. **Tujuan:** untuk memperkirakan resiko terjadinya efek stokastik pada pasien anak yang menjalani prosedur kardiologi intervensi. **Metode:** Pengambilan data dosis radiasi dilakukan dengan pemasangan chips berupa termoluminescence dosimeter (TLD) di area gonad, thyroid, dada kanan dan kiri serta di vertebrae thorakal 5 pasien selama prosedur operasi berlangsung. **Hasil:** Dosis terbesar yang diterima pasien adalah pada area vertebrae thoracal 5, baru kemudian di area sisi kanan. Hal ini karena selama tindakan kardiologi intervensional terjadi superimpose berkas sinar X pada area vertebrae baik pada proyeksi AP, LAO maupun RAO. **Kesimpulan:** Probabilitas terjadinya efek stokastik yang paling besar dari ke 5 area yang diukur dosis radiasinya adalah terjadinya leukemia. Perkiraan probabilitas terjadi efek stokastik yaitu leukemia sebesar 0,9 %, kemudian kanker thyroid 0.037%.

ARTICLE INFO

Received 5 January 2018

Accepted 7 March 2018

Online 30 March 2018

*Correspondence (Korespondensi):
Lailatul Muqmiroh

E-mail:
lailatul.muqmiroh@vokasi.unair.
ac.id

Keywords:

Pediatric interventional cardiology,
TLD, Stochastic effect, Estimation
rate risk

Kata kunci:

Kardiologi Intervensional anak,
TLD, efek stokastik, estimation rate
ratio

PENDAHULUAN

Pada anak-anak, tindakan intervensi kardiologi dilakukan pada penderita dengan kelainan jantung (*Congenital Heart Disease*), meliputi kardiologi intervensional diagnostik maupun terapi. Prosedur intervensional kardiologi saat ini mampu menyelesaikan sebagian besar masalah penderita anak dengan *Congenital Heart Disease*. Prosedur *minimal invasive* dengan tuntunan sinar X ini sangat berkembang beberapa dekade terakhir, baik ilmu pengetahuan, metode, peralatan medis maupun modalitas teknologinya. (Dragusin *et al.*, 2011; IAEA, 2010; Sommer, 2014)

Dosis radiasi, efek radiasi maupun tindakan proteksi radiasi saat ini menjadi perhatian utama bagi praktisi di bidang intervensional, disebabkan kesadaran mengenai akibat jangka panjang (*life-time risk*) baik terhadap penderita, praktisi maupun orang yang berada disekitarnya. Dragusin *et al.*, 2011, mengemukakan bahwa praktisi kardiologi intervensional sebaiknya lebih memperhatikan dosis radiasi yang digunakan selama tindakan kardiologi intervensional.

Resiko akibat paparan radiasi pengion diketahui terbanyak diakibatkan oleh radiasi pengion itu sendiri. Pada dekade awal penggunaan sinar X oleh W.H Roentgen, efek radiasi yang telah dilaporkan adalah luka bakar dikulit (Stevens, 1896), dan ditemukan kasus kanker dalam waktu 7 tahun setelah terjadi paparan radiasi sinar X dosis tinggi (Forshier, 2009). Pemeriksaan dengan menggunakan radiasi pengion memberikan efek radiasi pada tubuh, berupa efek stokastik dan deterministik. Efek deterministik akan timbul setelah melewati ambang batas dosis radiasi, sedangkan efek stokastik terjadi tanpa mengindahkan ambang batas dosis radiasi. Kanker merupakan efek stokastik yang sering ditemui pada anak-anak yang mengalami paparan radiasi dibandingkan dengan dewasa (Forshier, 2009; IARC, 2000; UNSCEAR, 2013; UNSCEAR, 2008; UNSCEAR, 2006; UNSCEAR, 2012).

Besarnya dosis radiasi sinar X yang digunakan akan memberikan efek radiasi pada sel tubuh. Anatomi dan fisiologi tubuh anak yang berbeda dengan orang dewasa menjadikan mereka lebih sensitif terhadap radiasi (UNSCEAR, 2013; Rahani, 2013). Efek radiasi bisa berupa efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik akan timbul bila dosis radiasi melampaui ambang batas. Sedangkan efek stokastik tidak tergantung dari ambang batas dosis, namun dapat diperkirakan. Efek stokastik yang dapat diperkirakan adalah kemungkinan kejadian kanker. Paparan radiasi pada masa anak-anak akan meningkatkan resiko terjadinya leukemia, kanker payudara dan kanker thyroid. (UNSCEAR, 2008; Brenner, 2001; Dauer *et al.*, 2012; Little, 2003)

Dengan mengetahui profil dosis radiasi yang terdiri dari komponen dosis total, *Dose Area Product* (DAP), dan waktu fluoroskopi akan dapat menunjukkan besarnya dosis efektif. Dosis efektif merupakan patokan untuk

memperkirakan kemungkinan terjadinya kanker setelah terpapar radiasi sinar X. (Mobbs *et al.*, 2009)

Dosimeter termoluminesensi (TLD) telah dikembangkan lebih dari duapuluh tahun yang lalu. TL diaplikasikan pada berbagai tujuan proteksi radiasi yang beragam seperti pada radioterapi, radiodiagnostik maupun untuk tujuan kendali mutu seperti kalibrasi sumber radioaktif dan lain sebagainya. (Cameron, 1986; Urfa, 2016; Keever, 1985; Kinlay, 1981).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mobbs *et al.*, 2009 menunjukkan pentingnya pengetahuan dalam mengenal mekanisme resiko akibat radiasi pada radiasi pengion dosis rendah. Peneliti tidak hanya menunjukkan putusannya ikatan kimia pada DNA pasien anak yang menjalani tindakan kardiologi intervensional tapi juga menunjukkan secara *in vivo* respon terhadap dosis yang tidak terlihat secara linier, namun faktanya lebih tinggi dari yang diekspektasikan. (Mobbs *et al.*, 2009)

MATERIAL DAN METODE

Tahapan penelitian dimulai dari persiapan dan perizinan penelitian di Rumah Sakit. Setelah itu persiapan alat pengukur radiasi berupa *termoluminesence dosimeter* (TLD-100) LiF:Mg, Ti dari Harshaw sebanyak 15 titik TLD. Satu titik TLD berisi 3 (tiga) buah *chip* TLD. TLD tersebut dipasang di lima titik tubuh pasien, yaitu thyroid, gonad, sisi tubuh kanan dan kiri serta di vertebrae thoracal 5 (Gambar 1). TLD yang akan digunakan telah dikalibrasi sebelumnya di BAPETEN. Pembacaan hasil TLD dilakukan di Laboratorium TLD di Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dengan pembacaan awal sebagai pembandingan. Hasil kalibrasi TLD mempengaruhi hasil bacaan TLD.

Sampel penelitian ini adalah pasien anak dengan rentang usia 1-10 tahun yang menjalani tindakan kardiologi intervensi terapeutik yang sebelumnya dilakukan pengukuran berat badan, tinggi badan dan tebal permukaan (Tabel 1). Alat angiografi yang digunakan GE Elite 9900 (*Medical System*) dengan *flat panel detector* berukuran 18"x18" pada *Articulating Arm*. Posisi yang sering digunakan selama tindakan kardiologi anak adalah *Anterior Posterior* (AP), *Left Anterior Oblique* (LAO) dan *Right Anterior Oblique* (RAO).



Gambar 1. Posisi TLD pada pasien 1. Thyroid, 2. Sisi kanan, 3. Sisi kiri, 4. Gonad, 5. VTh5

Tabel 1. Karakteristik sampel

No.	Sampel	Usia (tahun)	Jenis kelamin	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (kg)	Tebal Pemukaan tubuh (cm)
1.	anak X	8,5	L	35	130	12,7
2.	anak Y	6	P	14	120	9,2
3.	anak Z	2,5	L	10	90	8,1

*)L: Laki-laki P: Perempuan

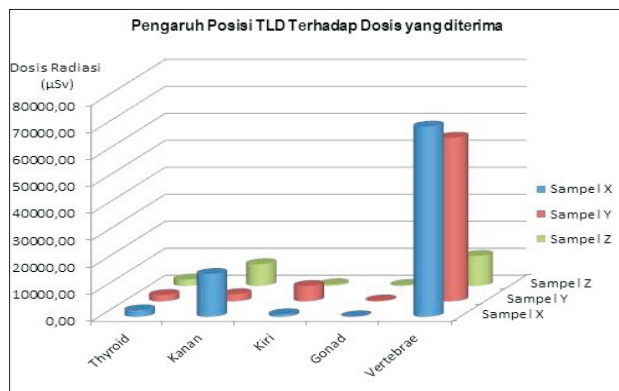
Dengan mengetahui dosis radiasi yang diserap oleh TLD, maka dapat ditentukan *estimation rate risk* (ERR) terjadinya efek stokastik. Pada penelitian ini kami menggunakan faktor resiko yang bergantung pada usia dan jenis kelamin sesuai panduan ICRP 60, yaitu 13%/Sv untuk anak laki-laki dan 16%/Sv anak perempuan sampai usia 10 tahun. (ICRP, 1990)

HASIL

Hasil penelitian menunjukkan dosis total yang diterima oleh pasien X paling besar dibandingkan dengan pasien Y maupun Z (Tabel 2). Berdasarkan pengaruh posisi TLD dengan dosis radiasi yang diterima, dosis radiasi yang diterima TLD di vertebrae Thorakal 5 paling tinggi dibandingkan dengan posisi lainnya (Grafik 1).

Tabel 2. Dosis total dan waktu flouroskopi pada ketiga pasien

No.	Sampel	Dosis Total (mGym ²)	Waktu Flouro (detik)
1.	anak X	1,53	907,2
2.	anak Y	0,89302	912,4
3.	anak Z	0,28845	178,1

**Grafik 1.** Pengaruh posisi TLD terhadap besar dosis yang diterima

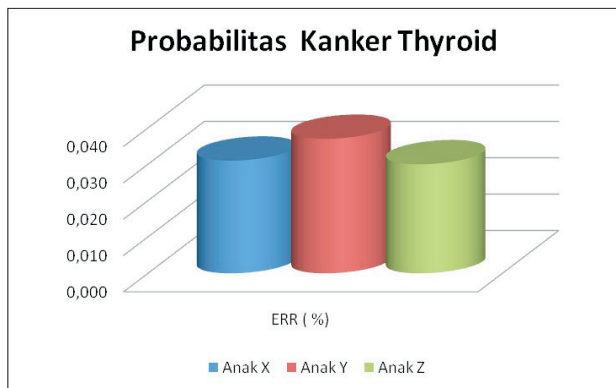
Pada tabel 3, terlihat dosis radiasi yang diterima kelima belas TLD pada posisi thyroid, gonad, kanan kiri

pasien dan vertebrae. Dari dosis radiasi yang dihasilkan dapat dianalisa *estimation risk rate* (ERR) efek stokastik.

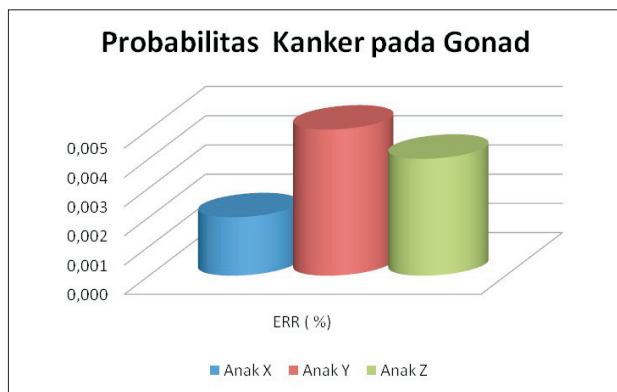
Tabel 3. Dosis efektif, lokasi TLD dan *Estimated Radiation Risk*

Titik TLD	Dosis Efektif (µSv)	Lokasi	ERR (%)
1	2405,93	Thyroid	0,031
2	15917,92	Sisi Kanan	0,2
3	944,06	Sisi Kiri	0,012
4	202,45	Gonad	0,002
5	70495,36	Vertebrae Th5	0,92
6	2327,53	Thyroid	0,037
7	2614,31	Sisi Kanan	0,04
8	5702,56	Sisi Kiri	0,09
9	316,41	Gonad	0,005
10	60624,39	Vertebrae Th5	0,97
11	2372,05	Thyroid	0,030
12	598,66	Sisi Kiri	0,007
13	8059,43	Sisi Kanan	0,1
14	314,69	Gonad	0,004
15	11113,4	Vertebrae Th5	0,14

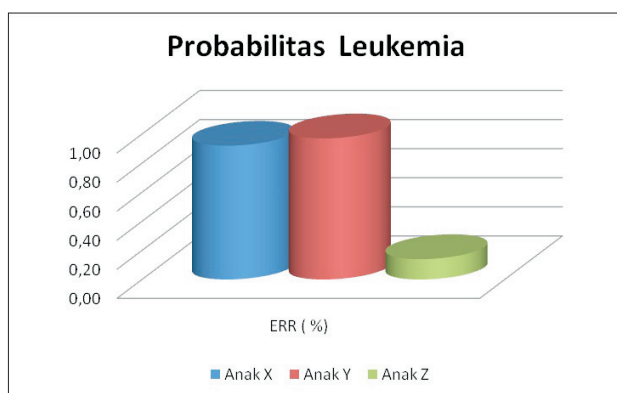
Tabel tersebut menunjukkan bahwa *Estimation Radiation Risk* untuk terjadinya kanker terbanyak pada daerah vertebrae sesuai dengan dosis radiasi yang didapat sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Akibat radiasi pengion yang diterima oleh organ, maka kanker yang timbul sesuai dengan organ tersebut. Terkecuali untuk vertebrae, pada kasus ini *red bone marrow*, maka resiko kanker yang terjadi adalah leukemia.

**Grafik 2.** Probabilitas terjadi kanker thyroid

Pada grafik 3 didapatkan probabilitas terjadi kanker gonad terendah pada anak X, sedangkan probabilitas terjadi leukemia pada anak X,Y tidak berbeda secara signifikan (grafik 4).



Grafik 3. Probabilitas terjadi kanker pada gonad



Grafik 4. Probabilitas terjadi Leukemia

PEMBAHASAN

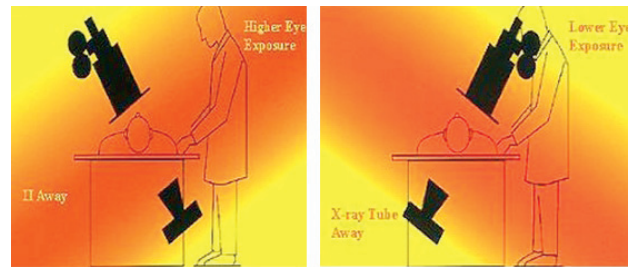
Dosis yang diterima setiap anak yang tertuang pada tabel 2 selaras dengan waktu fluoroskopi yang digunakan selama tindakan kardiologi intervensional. Kuantitas sinar-X merupakan ukuran jumlah foton dalam berkas utama sinar-X. Faktor yang berpengaruh langsung terhadap kuantitas sinar-X adalah kuat arus (mAs) selama paparan dan jarak. Jarak yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan jarak antara tabung dengan pasien. Pada penelitian ini, pengukuran jarak antara tabung dengan pasien tidak dapat dilakukan, karena selama tindakan terjadi beberapa perubahan posisi maupun jarak antara tabung dengan pasien.

Hal ini terlihat pada grafik 1, posisi TLD di vertebral thorakal menerima dosis radiasi yang paling besar. Lainnya. Terbanyak kedua adalah pada posisi sisi kanan, kecuali pada sampel Y. Hal ini disebabkan, selain posisi Anteroposterior, posisi yang sering digunakan adalah *Lateral Anterior Oblique* (LAO), sehingga posisi tabung berada di sisi kanan. Pada sampel Y, posisi yang digunakan paling banyak selain AP adalah RAO, sehingga tabung berada disisi kiri dan dosis yang diterima sisi kiri lebih banyak dibandingkan sisi kanan (IARC, 2000; ACC/AHA, 2008).

Belum ada penelitian sebelumnya mengenai beberapa posisi TLD pada tindakan kardiologi

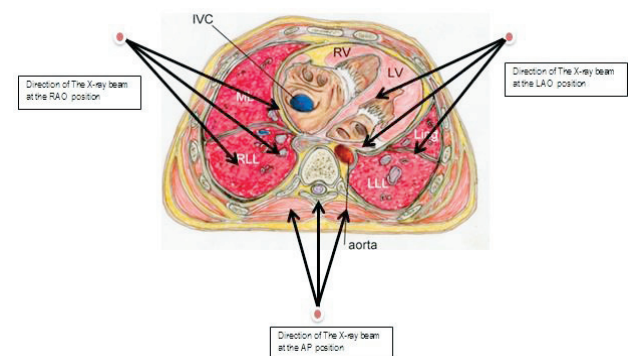
intervensial, sehingga hasil dosis radiasi terhadap berbagai posisi TLD tidak dapat dibandingkan. Penelitian ini bisa menjadi acuan dalam menganalisa dosis radiasi yang diterima pasien pada beberapa posisi.

Dosis radiasi yang lebih banyak pada posisi tertentu dapat disebabkan karena efek rotasi pada *C-arm*, seperti pada Gambar 2. Selama tindakan berlangsung, arah tabung sinar-X berubah-ubah sesuai kebutuhan prosedur tindakan. Hal ini dapat berpengaruh terhadap dosis radiasi yang diterima oleh pasien tersebut. Ketika sudut proyeksi tabung sinar-X miring ke sisi kanan, mengakibatkan paparan yang lebih tinggi pada sisi kanan. Sebaliknya, paparan radiasi akan berkurang ketika tabung sinar-X menjauh dari pasien (IARC, 2000).



Gambar 2. Efek radiasi pada rotasi tabung (Urfa, 2016)

Dosis radiasi yang diterima oleh vertebrae lebih besar dibandingkan dengan posisi lain, disebabkan terjadinya superimpose berkas sinar X pada posisi LAO, RAO maupun AP, yang bisa terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Arah berkas sinar saat prosedur kardiologi intervensi

Probabilitas terjadinya efek stokastik diukur pada setiap anak untuk tiap organ. Dari grafik 2 dapat dilihat bahwa probabilitas terjadi kanker thyroid pada ketiga anak tidak berbeda secara signifikan. Pada anak Z, meski waktu fluoroskopinya lebih pendek dibandingkan anak X maupun Z, namun karena panjang tubuhnya lebih pendek maka dosis yang diterima oleh thyroid tidak banyak berbeda.

Pada grafik 3 didapatkan probabilitas terjadi kanker gonad terendah pada anak X, kemungkinan disebabkan oleh panjang tubuh anak X lebih besar dibandingkan dengan anak Y maupun Z sehingga dosis radiasi yang diterima oleh anak X lebih rendah dibandingkan dengan anak lainnya.

Pada grafik 4, probabilitas terjadi leukemia pada anak X,Y tidak berbeda secara signifikan. Pada anak Z paling rendah probabilitasnya dibandingkan anak lainnya, kemungkinan disebabkan waktu flouroskopi pada anak Z jauh lebih singkat. Probabilitas efek stokastik pada organ spesifik yang dihasilkan pada penelitian ini belum mempunyai pembanding dari penelitian sebelumnya maupun jurnal yang dikeluarkan oleh ICRP,UNSCEAR maupun IAEA.

Kunadian *et al.*, 2007, melakukan pengukuran dosis radiasi dan resiko jangka panjang (efek stokastik) pada prosedur kardiologi diagnostik pada anak dengan ERR 0.011-0.029 %. (Kunadian *et al.*, 2007). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Klaus *et al.*, 2005, mengukur dosis radiasi dan ERR pada prosedur kardiologi anak dengan median ERR 0.09 % untuk prosedur yang bersifat terapeutik dan 0,06 % yang bersifat diagnostik. Penelitian ini tidak menunjukkan organ spesifik yang mempunyai resiko terjadi efek stokastik. (Klaus,2005). Sehingga penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk menentukan probabilitas terjadinya efek stokastik pada organ-organ tertentu selama prosedur kardiologi intervensional anak, terutama yang bersifat terapeutik .

Kelemahan dari penelitian ini adalah tidak terdapat persamaan jarak antara tabung dengan meja tindakan pada semua sampel. Sedangkan kuantitas sinar X tergantung pada kV dan jarak. Mungkin perlu penelitian lebih lanjut dengan jarak yang sama antar sampel sehingga data yang dihasilkan lebih akurat.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa probabilitas terjadinya efek stokastik yang paling besar diantara 5 posisi yang telah diukur dosis radiasinya adalah terjadinya leukemia. Hal ini bisa dijelaskan karena selama tindakan kardiologi intervensional terjadi superimpose berkas sinar X pada vertebrae baik pada posisi AP, LAO maupun RAO. Selain itu, vertebrae merupakan organ yang lebih dekat dengan tabung.

Perkiraan probabilitas terjadi efek stokastik yaitu leukemia sebesar 0,9 %, kemudian kanker thyroid 0.037%. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan acuan ICRP 2013 dengan jumlah sampel lebih banyak dan multisenter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Ibu Rini Suryanti, M.Si (Kepala Bidang Pengkajian Kesehatan BAPETEN), dan kru Cathlab Bapak. Toto Sudjarwo dan rekan-rekan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACC/AHA. 2008. Guidelines for the Management of Adults With Congenital Heart Disease: Executive Summary A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Adults With Congenital Heart Disease), *Circulation*. Vol 118:2395-2451.
- Brenner, D.J. 2001. *Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT*. *American journal of Roentgenology*, 2001, 176(2) Pp:289-96.
- National Research Council (US.) Committee on Ionizing Radiation, and John Roderick Cameron. 1986. *Review of U.S. Army Ionizing Radiation Dosimetry System: A Report*. National Academies.
- Dauer, L.T, Thornton, R.H, Miller, D.L. 2012. *Radiation Management for Interventions Using Fluoroscopic or Computed Tomographic Guidance during Pregnancy: A Joint Guideline of the Society of Interventional Radiology and the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe with Endorsement by the Canadian Interventional Radiology Association*. *J.Vasc Interv Radiol* 2012; 23: 19–32.
- Dragusin,O., Bokou, C., Wagner, D. 2011. *Advances in the Diagnosis of Coronary atherosclerosis: "Optimization of Radiation Dose and Image Quality in Cardiac Catheterization Laboratories"* InTech. Chapter 19.
- IAEA. 2010. *Patient Dose Optimization in Fluoroscopically Guided Interventional Procedures*. Vienna.
- International Agency for Research on Cancer (IARC).2000. *Part 1: X- and gamma-radiation, and neutrons*. Lyon, International Agency for Research on Cancer, (IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans, Volume 75).
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). 1990. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Ann ICRP 1991; 21(1–3). Publication 60. Oxford: Pergamon
- Rahani, M. 2013. Are children more sensitive to radiation than adults?. *European Society of Radiology*.
- Marinell, G. 1996. *Thermoluminescence Dosimetry Applied to Quality Assurance in Radiotherapy, Brachytherapy and Radiodiagnostic*. IAEA
- Keever, S.W.S. 1985. *Thermoluminescence of solids*. University Press. New York.
- Kunadian, V., Dee, K. 2007. *Cardiac Catheterisation : Radiation Doses and Lifetime Risk of Malignancy*. *Heart* 2007;93; 370-371
- Little, M.P. 2003. *Risks associated with ionizing radiation: Environmental pollution and health*, *Br Med Bull* 68 (1): 259-275
- Mobbs, S., Watson, S., Harrison, J., Muirhead, C., Bouffler, S. 2009. *An Introduction to the Estimation of Risks Arising from Exposure to Low Doses of Ionising Radiation* Health Protection Agency Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards Radiation Protection Division. UK.
- Kinlay, M.A.F. 1981. *Thermoluminescence Dosimetry - Medical Physics Handbooks N°5*. Adam Hilger, Ltd .
- Klaus, B., Evelien, B. 2005. *Patient-specific Dose and Radiation Risk Estimation in Pediatric Cardiac Catheterization*. *Circulation*. 2005 Jan 4;111(1):83-9.

- Sommer, R. 2014. *Baim's Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention*. 8th Ed. Chapter 35, Pp. 838, Lippincott Williams & Wilkins, A Wolters Klu Wer Business, Philadelphia USA.
- Stevens, L.G. 1896. Injurious effects on the skin. *BMJ* 1896; 1: 998 *Frieben A. Demonstration eines Cancroids des rechten Handrückens, das sich nach langdauernder Einwirkung von Röntgenstrahlen bei einem 33 jährigen Mann entwickelt hatte.* *Fortschr Röntgenstr* 1902; 6: 106.
- Forshier, S. 2009. *Essentials of Radiation Biology and Protection, Second Edition*. Delmar Cengage Learning. USA.
- UNSCEAR. 2006. *Sources, effects and risks of ionizing radiation*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York.
- UNSCEAR. 2008. *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Volume I: Sources. New York: United Nations.
- UNSCEAR. 2012. *Sources, Effects and Risk of Ionizing Radiation Report*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York.
- UNSCEAR. 2013. *Sources, effects and risks of ionizing radiation*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York, NY.
- Urfa, G.A. 2016. *Studi Distribusi Dosis Radiasi Lensa Mata Hp(3) Pada Tld-900 Yang Digunakan Oleh Pekerja Kardiologi Intervensional*. Universitas Brawijaya.