

Dosis Radiasi Pekerja dan Pasien Pada Tindakan Intervensi Di RSUP Dr. M. Djamil, Padang

Eri Hiswara¹, Dewi Kartikasari¹, Nunung Nuraeni¹, Hasnel Sofyan¹, Muhammad Sukri²

Abstrak

Aplikasi radiasi di bidang medik merupakan penyumbang terbesar dari paparan radiasi yang diterima oleh populasi dunia. **Tujuan:** Mengetahui tingkat dosis radiasi yang diterima pekerja dan pasien pada saat dilakukan tindakan intervensi yang dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dr. M. Djamil, Padang. **Metode:** Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai Maret 2018 dengan mengukur dosis pekerja menggunakan dosimeter termoluminesensi (TLD) dalam bentuk chip, dan merekam kerma dan KAP (*kerma-area product*) pasien yang ditampilkan pada layar monitor pesawat sinar-X. **Hasil:** Perawat yang terlibat dalam tindakan PAC menerima dosis efektif, dosis tiroid dan dosis ovarium tertinggi sebesar masing-masing 0,1043 mSv, 0,1141 mSv dan 0,1040 mSv, sementara dosis lensa mata tertinggi sebesar 0,3020 mSv diterima perawat dalam tindakan pemasangan pacu jantung, dan dosis ekstremitas jari tertinggi sebesar 0,3964 mSv diterima dokter yang melakukan tindakan angio dan PTCA elektif. Untuk pasien, kerma tertinggi sebesar 3053 mGy dan KAP tertinggi sebesar 16443 cGy cm² diterima oleh pasien yang menjalani tindakan PAC diikuti PTCA. **Simpulan:** Dosis radiasi tertinggi yang diterima pekerja radiasi menyiratkan bahwa tidak hanya dokter namun perawat juga dapat menerima dosis radiasi tertinggi, sedangkan pasien diduga menerima risiko efek deterministik dan efek stokastik terbesar saat menjalani tindakan PAC diikuti PTCA.

Kata kunci: dosis pasien, dosis pekerja, tindakan intervensi, paparan medik

Abstract

*Medical radiation applications are the most significant contributor to the radiation exposure receives by the world population. **Objectives:** To found out the radiation dose levels received by workers and patients when interventional procedures were carried out in Dr. M. Djamil Central General Hospital, Padang. **Methods** The study was conducted during February and March 2018 by measuring or occupational doses using thermoluminescence dosimeters (TLDs) in the form of a chip and recording the patient's kerma dan KAP (*kerma-area product*) displayed on X-ray machine screen, **Results:**. A nurse that involved in PAC procedure received the highest effective, thyroid and ovarium doses of 0.1043 mSv, 0.1141 mSv, and 0.1040 mSv, respectively, while the highest eye lens dose of 0.3020 mSv was received by a nurse in pacemaker procedure and the highest finger extremity dose of 0.3964 mSv was received by a medical doctor performing angio and elective PTCA procedure. For the patient, the radiation dose in units of kerma and KAP were also varied, with the highest kerma of 3053 mGy and the highest KAP of 16443 cGy cm² received by the patient underwent PAC followed by PTCA procedures. **Conclusion:** The highest radiation dose received by radiation workers suggested that not only a physician but nurses can also receive the highest radiation dose. At the same time, the patient is expected to receive the highest deterministic as well stochastic effect risk when underwent a PAC followed by PTCA procedure.*

Keywords: occupational doses, patient doses, interventional procedure, medical exposure

Afiliasi penulis: ¹Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTKMR BATAN), Jakarta.

²Pusat Jantung RSUP Dr. M. Djamil, Padang..

Korespondensi: Eri Hiswara, E-mail: e.hiswara@batan.go.id Telp: 081318718204

PENDAHULUAN

Radiasi pengion merupakan salah satu jenis radiasi yang telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang kehidupan manusia, termasuk bidang medik. Aplikasi radiasi pengion yang selanjutnya hanya disebut sebagai radiasi di bidang medik meliputi aplikasi di bidang radiologi, radioterapi dan kedokteran nuklir. Dengan makin meningkatnya pengetahuan, aplikasi radiasi di bidang medik ini juga telah berkembang lebih terinci menjadi aplikasi di berbagai subspecialis dari ketiga aplikasi besar tersebut.

Radiologi intervensi merupakan sub-spesialisasi di bidang radiologi medik yang menggunakan tindakan pemasangan *stent* yang dipandu citra dengan invasif minimal untuk mengobati penyakit di hampir setiap sistem organ. Kardiologi intervensi, sementara itu, merupakan subspecialisasi ilmu kardiologi yang secara khusus menggunakan kateter yang disisipkan ke dalam tubuh, biasanya melalui arteri femoralis di kaki bagian atas.

Stent maupun kateter dipandu bergerak menuju target organ, jantung atau daerah vaskular dengan bantuan sinar-X *real-time*. Semakin kompleksnya tindakan intervensi mengakibatkan waktu fluoro yang diperlukan menjadi lebih panjang sehingga waktu paparan radiasi kepada pasien juga menjadi lebih lama. Kemungkinan diterimanya dosis radiasi oleh pekerja radiasi (dokter, perawat dan radiografer) yang berada di ruang tindakan juga makin besar karena posisi mereka berada terus dekat pasien selama tindakan dilakukan. Radiasi hambur dari pasien dan dari bagian perangkat pesawat sinar-X merupakan sumber utama dosis radiasi yang diterima oleh para pekerja radiasi tersebut.¹

Pengukuran dosis radiasi yang diterima oleh pekerja dan pasien pada tindakan atau tindakan fluoroskopi dan intervensi telah banyak dilakukan. Wambani *et al* di Afrika Selatan menemukan bahwa pemeriksaan fluoroskopi yang paling banyak dilakukan adalah MCU dan *barium meal*.² Dosis efektif tertinggi dan terendah yang diterima pasien jantung di Sudan adalah dari tindakan PCI dan PTMC.³ Di Fribourg, Swiss, penggunaan RFA (*right femoral access*) dalam tindakan CA+/-PCI menghasilkan pajanan radiasi yang

lebih rendah pada operator dibanding dengan RRA (*right radial access*).⁴

Dalam hal lensa mata, suatu penelitian mutakhir menunjukkan adanya kemungkinan terjadinya katarak akibat radiasi pada staf medik kardiologi intervensi.⁵ Katarak radiasi umumnya terjadi pada bagian PSC (*posterior subcapsular*) dari lensa mata.⁶ Berbagai studi telah menunjukkan kenaikan insidensi katarak pada para pekerja radiasi intervensi medik.⁷⁻⁹

Studi terbaru memperkirakan bahwa lebih dari 800 tindakan per tahun dan per operator diperlukan untuk mencapai nilai batas dosis lensa mata.¹⁰ Risiko kekeruhan lensa yang meningkat telah ditunjukkan pada dokter spesialis kardiologi intervensi yang sering menerima dosis radiasi relatif cukup besar pada lensa matanya.¹¹

Komite Ilmiah PBB untuk Efek Radiasi Atom (UNSCEAR, *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) pada laporannya ke Sidang Majelis Umum PBB tahun 2008 menyatakan bahwa lebih dari 80% penerimaan dosis radiasi pada populasi dunia dari sumber radiasi buatan berasal dari aplikasi radiasi di bidang medik, khususnya fluoroskopi dan intervensi.¹²

Untuk mengetahui besar dosis radiasi yang diterima oleh pekerja dan pasien pada tindakan intervensi yang dilakukan di RSUP Dr. M. Djamil, Padang, telah dilakukan pengukuran dosis radiasi secara langsung saat tindakan intervensi dilakukan. Pengukuran dilaksanakan pada bulan Februari dan Maret 2018.

Dosis pekerja yang diukur dalam penelitian ini meliputi dosis efektif E, dosis lensa mata Hp(3), dosis ekstremitas jari Hp(0,07), dosis tiroid, dan dosis gonad/ovarium. Dosis efektif adalah besaran dosis yang menggambarkan dosis rerata untuk seluruh jaringan yang diterima oleh manusia, sehingga dapat digunakan sebagai nilai batas untuk membatasi terjadinya efek stokastik pada manusia yang menerima radiasi maupun pada keturunannya. Dosis Hp(3) merupakan dosis ekuivalen pada lensa mata yang ditentukan pada kedalaman 3 mm dari permukaan mata, sedang dosis Hp(0,07) merupakan dosis ekuivalen pada kedalaman 0,07 mm dari

permukaan kulit. Dosis tiroid adalah dosis ekuivalen yang diterima oleh organ tiroid, dan dosis gonad/ovarium adalah dosis radiasi yang diterima oleh organ gonad (pada pria) atau organ ovarium (pada wanita).

METODE

Pengukuran dosis pekerja

Pengukuran dosis pekerja secara umum mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Szumska *et al* dengan sedikit modifikasi, dan dapat diuraikan sebagai berikut:¹³

- Dosis efektif, E : dihitung dari kombinasi pengukuran dengan TLD chip yang dipasang pada pelindung tiroid bagian luar dengan TLD chip yang dipasang pada apron di pinggang di bagian dalam sesuai dengan persamaan:¹⁴

$$E = 0.02 (H_{OS} - H_U) + H_U$$

dengan H_{OS} adalah dosis yang diukur dengan TLD yang dipasang pada pelindung tiroid bagian luar dan H_U dosis yang diukur pada apron pinggang bagian dalam.

- Dosis lensa mata, $H_p(3)$: diukur dengan TLD chip yang ditempatkan di dalam holder khusus Eye-D yang dipasang sedekat mungkin dengan mata.
- Dosis ekstremitas jari $H_p(0,07)$: diukur dengan TLD chip yang ditempatkan di dalam holder khusus berbentuk cincin yang dipasang di jari.
- Dosis tiroid: diukur dengan TLD chip yang dipasang pada pelindung tiroid bagian dalam.
- Dosis gonad/ovarium diukur dengan TLD chip yang dipasang pada bagian dalam apron di bagian yang paling dekat dengan gonad/ovarium.

TLD chip yang digunakan adalah TLD-100 chip buatan Thermo Scientific Hashaw dengan ukuran 3,2 x 3,2 x 0,15 mm. Gambar 1 memperlihatkan bentuk fisik dari TLD chip yang digunakan pada pengukuran dosis pasien dan dosis pekerja ini, holder khusus 'eye-D' TLD lensa mata, dan holder TLD cincin. TLD yang telah disinari kemudian dibaca dengan TLD reader Harshaw model 3500. Gambar 2 memperlihatkan alat baca TLD Harshaw model 3500 yang digunakan.

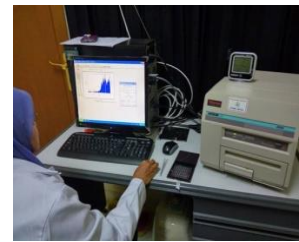
Dosis radiasi yang diterima oleh pekerja dan pasien secara sederhana dapat ditentukan melalui persamaan:

$$D = \text{bacaan TLD} \times FK$$

dengan D adalah dosis radiasi, *bacaan TLD* adalah hasil bacaan TLD dalam satuan nC, dan FK adalah faktor kalibrasi individual masing-masing TLD yang telah ditentukan sebelumnya dan diberikan dalam satuan mGy/nC.



Gambar 1. TLD chip, holder 'eye-D' TLD lensa mata, dan holder TLD cincin



Gambar 2. Pembacaan dosis radiasi pada TLD chip dengan TLD reader Harshaw model 3500.

Penentuan dosis pasien

Dosis pasien tidak diukur langsung, namun menggunakan data pengukuran yang ditampilkan pada layar monitor pesawat sinar-X. Pengukuran dilakukan oleh alat KAP (*kerma-area product*) meter yang telah terpasang pada pesawat pada perangkat tabung sinar-X antara kolimator dan pasien.

Dua jenis besaran dosimetri ditampilkan pada layar monitor, yaitu kerma dalam satuan mGy dan besaran KAP (*kerma-area product*) dalam satuan $\mu\text{Gy cm}^2$. Besaran kerma dapat digunakan untuk memperkirakan efek deterministik, sementara besaran KAP untuk memperkirakan efek stokastik. Kerma pada dasarnya sama dengan dosis, kecuali untuk sinar-X atau sinar gamma dengan energi tinggi kerma akan lebih besar dari dosis karena ada elektron sekunder dan sinar-X yang keluar dari titik pengukuran yang tetap dihitung oleh kerma tapi tidak oleh dosis.

HASIL dan PEMBAHASAN

Sebanyak 18 orang pekerja radiasi medik intervensi diukur penerimaan dosisnya di RSUP Dr. M. Djamil, dan terdiri atas 9 orang dokter dan 9 orang perawat. Tabel 1 memberikan data dosis radiasi yang diterima para pekerja radiasi saat melakukan 17 tindakan medik intervensi pada pasien, yaitu angio dan PTCA elektif (dua kali), angio, PAC dan PTCA (lima kali), CA, CA dan PCI, pemasangan pacu jantung (dua kali), Early PCI, Primary PCI dan PAC (tiga kali). Jika semua tindakan terkait PTCA (angio dan PTCA elektif, PAC dan PTCA) diperhitungkan sebagai hanya PTCA, maka secara umum tindakan PTCA dilakukan pada tujuh pasien. Sedang semua tindakan yang terkait PCI (angio, CA, CA dan PCI, early PCI dan primary PCI) dilakukan pada lima pasien.

Kenyataan diatas memberi dugaan bahwa tindakan PTCA merupakan tindakan yang paling banyak dilakukan di RSUP Dr. M. Djamil, disusul dengan tindakan PCI. Secara internasional, PCI diketahui merupakan tindakan intervensi yang paling banyak dilakukan di AS [15]. Di Polandia diketahui bahwa sebanyak 208842 tindakan CA (*coronary angiography*) dan 113928 tindakan PCI dilakukan selama tahun 2012 [13], sedang di Portugal sebanyak 338 tindakan primary PCI per sejuta penduduk dilakukan pada tahun 2013.¹⁶

Pada Tabel 1 secara keseluruhan, dosis radiasi yang diterima pekerja, baik dokter maupun perawat, terlihat sangat bervariasi. Secara umum dapat disebutkan bahwa makin besar waktu fluoro yang digunakan, makin besar dosis radiasi yang diterima pekerja.

Dokter diperkirakan akan selalu menerima dosis radiasi tertinggi karena posisinya yang paling depan terhadap posisi kepala pasien yang berbaring dibanding posisi perawat, dan karena itu dianggap paling dekat dengan pesawat sinar-X yang digunakan. Kenyataannya, pada beberapa tindakan terlihat bahwa bukan dokter namun perawat yang menerima dosis radiasi tertinggi. Hal ini menyiratkan bahwa kemungkinan posisi pesawat sinar-X sebenarnya lebih dekat ke perawat saat pekerja yang terakhir ini

membantu kegiatan dokter dari jarak yang cukup dekat.

Kemungkinan penyebab yang lain adalah besarnya hamburan radiasi lebih banyak diterima perawat atau radiografer dibanding yang diterima dokter. Karena itu, dosis radiasi yang diterima perawat atau radiografer juga menjadi lebih besar dibanding dengan yang diterima dokter.

Dosis efektif tertinggi 0,1043 mSv diterima oleh pekerja Prw-5 saat membantu melakukan tindakan PAC pada Pasien-15 dengan waktu fluoro sebesar 17,04 menit. Selama membantu dalam pelaksanaan tindakan PAC ini pekerja Prw-5 diperkirakan juga sering mendekati pesawat sinar-X yang digunakan karena dosis tiroid dan dosis gonad yang diterimanya juga tertinggi, yaitu masing-masing 0,1141 mSv dan 0,1040 mSv.

Pada dosis lensa mata, pekerja Prw-7 yang membantu dalam pelaksanaan tindakan pemasangan pacu jantung dengan waktu fluoro 4,18 menit pada Pasien-11 menerima dosis tertinggi sebesar 0,3020 mSv. Pekerja Prw-7 diduga sering membungkukkan badannya di dekat tubuh pasien sehingga dosis lensa mata yang diterimanya menjadi cukup besar, mengingat penerimaan dosis radiasi oleh lensa mata sebagian besar merupakan akibat dari hamburan radiasi dari tubuh pasien.

Tindakan CA pada penelitian ini memberikan dosis lensa mata tertinggi sebesar 0,0585 mSv (atau 58,5 μ Sv) dan 0,0647 mSv (atau 64,7 μ Sv) kepada masing-masing dokter dan perawat. Antic et.al [17], sementara itu, melaporkan dosis lensa mata yang diperoleh operator pertama (atau dokter), operator kedua (perawat) dan operator ketiga (radiografer) sebesar 121 μ Sv, 33 μ Sv dan 0,16 μ Sv. Dibanding dengan hasil Antic et.al ini tampak bahwa hasil penelitian untuk dokter lebih rendah, namun untuk perawat ternyata lebih tinggi. Namun demikian perlu diingat bahwa satu sampel pekerja dokter dan dua perawat untuk tindakan CA pada penelitian ini sangat terbatas, sehingga data pengukuran yang ada tidak dapat dikatakan sebagai mewakili data keseluruhan tindakan yang CA yang dilakukan di RSUP Dr. M. Djamil.

Tabel 1. Dosis radiasi yang diterima pekerja intervensi.

| Pasien/Tindakan | Waktu fluoro (menit) | Kode pekerja | Dosis efektif, E, mSv | Dosis lensa mata, Hp(3), mSv | Dosis jari, Hp(0,07), mSv | Dosis tiroid, mSv | Dosis gonad/ ovarium, mSv |
|--------------------------|----------------------|--------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| 1 Angio dan PTCA elektif | 15,2 | Dkt-1 | 0,0441 | 0,0499 | 0,3964 | 0,0496 | 0,0438 |
| | | Dkt-2 | 0,0408 | 0,0729 | 0,0714 | 0,0361 | 0,0404 |
| | | Prw-1 | 0,0440 | 0,0668 | 0,0683 | 0,0437 | 0,0437 |
| 2 Angio | 8,6 | Dkt-3 | 0,0355 | 0,0531 | 0,0082 | 0,0496 | 0,0350 |
| | | Prw-2 | 0,0406 | 0,0583 | 0,1613 | 0,0461 | 0,0396 |
| | | Prw-3 | 0,0248 | 0,1395 | 0,2300 | 0,0220 | 0,0245 |
| 3 Angio dan PTCA elektif | 15,6 | Dkt-1 | 0,0223 | 0,0245 | 0,0622 | 0,0212 | 0,0221 |
| | | Prw-2 | 0,0285 | 0,0778 | 0,0901 | 0,0302 | 0,0282 |
| | | Prw-4 | 0,0503 | 0,0133 | 0,0509 | 0,0410 | 0,0501 |
| 4 PAC dan PTCA | 33 | Dkt-4 | 0,0349 | 0,0706 | 0,0135 | 0,0307 | 0,0346 |
| | | Dkt-5 | 0,0308 | 0,0152 | 0,0129 | 0,0384 | 0,0306 |
| 5 PAC dan PTCA | 37,07 | Dkt-6 | 0,0308 | 0,1189 | 0,1700 | 0,0254 | 0,0306 |
| | | Prw-5 | 0,0267 | 0,0334 | 0,0437 | 0,0265 | 0,0265 |
| | | Prw-2 | 0,0428 | 0,0260 | 0,0352 | 0,0236 | 0,0428 |
| | | Dkt-5 | 0,0286 | 0,0578 | 0,0849 | 0,0237 | 0,0286 |
| 6 PAC dan PTCA | 14,4 | Prw-2 | 0,0365 | 0,0344 | 0,0421 | 0,0472 | 0,0362 |
| | | Prw-5 | 0,0348 | 0,1824 | 0,0405 | 0,0388 | 0,0346 |
| | | Dkt-7 | 0,0459 | 0,0534 | 0,0256 | 0,0313 | 0,0448 |
| | | Dkt-8 | 0,0370 | 0,0637 | 0,6497 | 0,0143 | 0,0167 |
| 7 PAC dan PTCA | 63,39 | Prw-1 | 0,0382 | 0,1230 | 0,0120 | 0,0248 | 0,0373 |
| | | Prw-3 | 0,0292 | 0,0607 | 0,0176 | 0,0309 | 0,0290 |
| | | Dkt-7 | 0,0019 | 0,0360 | 0,2033 | 0,0042 | 0,0018 |
| | | Dkt-8 | 0,0177 | 0,0357 | 0,1381 | 0,0428 | 0,0171 |
| 8 PAC dan PTCA | 49,12 | Prw-1 | 0,0398 | 0,0445 | 0,0749 | 0,0457 | 0,0394 |
| | | Prw-3 | 0,0436 | 0,0337 | 0,0037 | 0,0281 | 0,0433 |
| | | Dkt-1 | 0,0367 | 0,0585 | 0,0367 | 0,0303 | 0,0367 |
| | | Prw-5 | 0,0481 | 0,0300 | 0,0481 | 0,0475 | 0,0479 |
| 9 CA | 8,59 | Prw-4 | 0,0550 | 0,0647 | 0,0550 | 0,0471 | 0,0550 |
| | | Dkt-2 | 0,0211 | 0,0561 | 0,1011 | 0,0243 | 0,0210 |
| | | Prw-1 | 0,0800 | 0,0262 | 0,1279 | 0,0302 | 0,0807 |
| 10 CA dan PCI | 15,6 | Prw-6 | 0,0334 | 0,0565 | 0,0142 | 0,0323 | 0,0332 |
| | | Dkt-9 | 0,0321 | 0,0078 | 0,0172 | 0,0080 | 0,0320 |
| | | Prw-7 | 0,0256 | 0,3020 | 0,0079 | 0,0415 | 0,0250 |
| 11 Pasang pacu jantung | 4,18 | Prw-1 | 0,0307 | 0,0121 | 0,1327 | 0,0229 | 0,0307 |
| | | Prw-6 | 0,0298 | 0,0631 | 0,0660 | 0,0241 | 0,0299 |
| | | Dkt-1 | 0,0663 | 0,2592 | 0,0383 | 0,0335 | 0,0668 |
| 12 Early PCI | 21,53 | Prw-5 | 0,0136 | 0,0397 | 0,0737 | 0,0423 | 0,0129 |
| | | Prw-8 | 0,0228 | 0,0659 | 0,0556 | 0,0277 | 0,0221 |
| 13 PAC | 8,34 | Prw-5 | 0,0304 | 0,0688 | 0,0922 | 0,0364 | 0,0303 |
| | | Dkt-2 | 0,0486 | 0,0204 | 0,1217 | 0,0894 | 0,0476 |
| 14 Primary PCI | 37,09 | Prw-5 | 0,0683 | 0,0128 | 0,0450 | 0,0392 | 0,0685 |
| | | Prw-8 | 0,0396 | 0,2448 | 0,0900 | 0,0312 | 0,0396 |
| | | Dkt-8 | 0,0729 | 0,0185 | 0,0400 | 0,0551 | 0,0729 |
| 15 PAC | 17,04 | Prw-5 | 0,1043 | 0,0326 | 0,0542 | 0,1141 | 0,1040 |
| | | Prw-9 | 0,0586 | 0,0495 | 0,0275 | 0,0535 | 0,0584 |
| | | Dkt-1 | 0,0547 | 0,0095 | 0,0417 | 0,0509 | 0,0548 |
| 16 PAC | 6,04 | Prw-5 | 0,0621 | 0,0157 | 0,0003 | 0,0681 | 0,0620 |
| | | Prw-9 | 0,0540 | 0,0908 | 0,0567 | 0,0532 | 0,0535 |
| | | Prw-4 | 0,0534 | 0,0653 | 0,0334 | 0,0460 | 0,0533 |
| 17 Pasang pacu jantung | 3,39 | Prw-5 | 0,0459 | 0,0004 | 0,0525 | 0,0443 | 0,0454 |

Al-Haj *et al* melakukan pengukuran dosis lensa mata dari 34 orang staf pada suatu pusat medik di Riyadh, dan menemukan bahwa dosis lensa mata yang diterima per tindakan kardiologi adalah 0.003 mSv, 0.005 mSv and 0.018 mSv untuk masing-masing teknologis, perawat dan dokter.¹⁸ Data ini tampak jauh

kecil dibanding hasil penelitian, dan kemungkinan besar karena digunakannya kacamata Pb oleh para pekerja radiasi di Riyadh yang mampu mengurangi dosis radiasi yang diterima lensa mata.

Dalam hal dosis ekstremitas jari, pekerja Dkt-1 menerima dosis tertinggi sebesar 0,3964 mSv saat melakukan tindakan angio dan PTCA elektif dengan

waktu fluoro 15,2 menit. Besarnya dosis radiasi yang diterima pekerja Dkt-1 ini kemungkinan besar disebabkan oleh karena tangan yang bersangkutan dalam cukup sering berada langsung pada berkas utama sinar-X yang digunakan, sehingga jarinya menerima dosis radiasi yang cukup besar.

Tindakan CA dan PCI, tindakan early PCI dan primary PCI yang terkait, rentang dosis ekstremitas jari terukur pada penelitian ini masing-masing adalah 0,0142-0,1279 mSv dan 0,0383-0,1217 mSv. Jika dibandingkan dengan nilai yang diperoleh Szumska *et al* sebesar 8-54 μ Sv dan 6-93 μ Sv untuk tindakan yang sama, yaitu CA dan PCI.¹³ Tampak bahwa hasil penelitian ini jauh lebih besar. Perbedaan ini kemungkinan besar karena holder TLD jari tidak menggunakan filter seperti yang digunakan pada penelitian Szumska *et al*, sehingga semua energi dari berkas sinar-X ditangkap oleh TLD chip yang digunakan.

Domienik *et al* melaporkan bahwa dosis maksimum yang terukur pada jari untuk tindakan CA dan PCI hasil penelitiannya adalah 1,21 mSv.¹⁹ Nilai ini tampak lebih besar dari nilai maksimum 0,1279 mSv yang diperoleh pada penelitian ini. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh lebih seringnya jari pekerja pada penelitian ini berada dekat berkas utama sinar-X dibanding pekerja radiasi pada Dominiek.

Pada tiroid, dosis tertinggi 0,1141 mSv diterima oleh pekerja Prw-5 saat melakukan tindakan PAC dengan waktu fluoro 17,04 menit. Kenyataan ini memberi dugaan pekerja Prw-5 dalam beberapa kesempatan mendekati tubuh pasien dan agak membungkuk sehingga bagian tiroidnya menerima dosis hambur yang cukup besar dari tubuh pasien yang sedang ditanganinya saat itu.

Dalam hal dosis gonad/ovarium, dosis radiasi tertinggi sebesar 0,1040 mSv diterima pula oleh pekerja Prw-5 saat melakukan tindakan PAC yang sama. Tingginya dosis radiasi yang diterima pekerja Prw-5 ini memperkuat dugaan bahwa yang bersangkutan cukup sering mendekati tubuh pasien saat membantu melakukan tindakan PAC tersebut.

Lensa mata, tiroid dan gonad/ovarium dapat mengalami kerusakan jika menerima dosis radiasi yang melampaui dosis ambangnya. ICRP memberikan estimasi beberapa dosis ambang pada organ dan jaringan pada orang dewasa yang terpajan dosis radiasi akut, yaitu ~0,1 Gy, ~6 Gy, ~3 Gy dan ~0,5 Gy masing-masing untuk mandul sementara pada testis, mandul tetap pada testis, mandul tetap pada ovarium dan katarak pada lensa mata.²⁰

Data dosis radiasi yang diterima oleh pekerja pada Tabel 3 dibandingkan dengan dosis ambang untuk pajanan akut yang disebutkan di atas, tampak bahwa secara keseluruhan dosis radiasi yang diterima pekerja masih dibawah dosis ambang. Dengan kata lain, dosis radiasi yang diterima pekerja masih cukup aman dan jauh di bawah dosis ambang untuk menimbulkan efek deterministik yang dapat terjadi pada organ yang disebutkan.

Tabel 2 memperlihatkan dosis yang diterima oleh pasien selama menjalani tindakan intervensi. Secara keseluruhan tampak bahwa dosis radiasi yang diterima pasien sangat bervariasi, dan bergantung pada jenis tindakan yang dijalani. Tingkat kesulitan dalam melakukan suatu tindakan juga diperkirakan menjadi salah satu faktor sehingga waktu fluoro yang dibutuhkan menjadi lebih panjang, dan berakibat makin besarnya dosis radiasi yang diterima pasien.

Tabel 2. Dosis radiasi yang diterima pasien intervensi.

| No. | Kode pasien | Tindakan | Waktu fluoro (menit) | Kerma (mGy) | KAP (cGy.cm ²) |
|-----|-------------|------------------------|----------------------|-------------|----------------------------|
| 1. | Pasien-1 | Angio dan PTCA elektif | 15,2 | 513 | 2974 |
| 2. | Pasien-2 | Angio | 8,6 | 123 | 1303 |
| 3. | Pasien-3 | Angio dan PTCA elektif | 15,6 | 292 | 1662 |
| 4. | Pasien-4 | PAC dan PTCA | 33 | 1512 | 8540 |
| 5. | Pasien-5 | PAC dan PTCA | 37,07 | 1446 | 8883 |
| 6. | Pasien-6 | PAC dan PTCA | 14,4 | 592 | 3446 |
| 7. | Pasien-7 | PAC dan PTCA | 63,39 | 3053 | 16443 |
| 8. | Pasien-8 | PAC dan PTCA | 49,12 | 968 | 6769 |
| 9. | Pasien-9 | CA | 8,59 | 474 | 2497 |
| 10. | Pasien-10 | CA dan PCI | 15,6 | 1039 | 6459 |
| 11. | Pasien-11 | Pasang pacu jantung | 4,18 | 21 | 280 |
| 12. | Pasien-12 | Early PCI | 21,53 | 1605 | 10421 |
| 13. | Pasien-13 | PAC | 8,34 | 138 | 1148 |
| 14. | Pasien-14 | Primary PCI | 37,09 | 1836 | 11835 |
| 15. | Pasien-15 | PAC | 17,04 | 559 | 3778 |
| 16. | Pasien-16 | PAC | 6,04 | 267 | 1975 |
| 17. | Pasien-17 | Pasang pacu jantung | 3,39 | 27 | 367 |

Kerma tertinggi dan KAP tertinggi masing-masing sebesar 3053 mGy dan 16443 cGy.cm² diterima pasien yang menjalani tindakan PAC dan PTCA dengan waktu fluoro 63,39 menit. Tingginya kerma dan KAP pada tindakan tersebut dapat dimengerti karena waktu fluoro untuk melakukan tindakan PAC dan PTCA ini juga merupakan yang terlama dibanding dengan waktu fluoro untuk tindakan yang lain.

Besaran kerma yang diberikan dalam satuan mGy adalah besaran yang dapat digunakan untuk memperkirakan efek deterministik pada kulit pasien, sedang KAP (*kerma-area product*) yang diberikan dalam satuan $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ adalah besaran yang dapat digunakan untuk memperkirakan risiko efek stokastik [8]. Perkiraan risiko efek stokastik itu sendiri dapat dilakukan dengan menghitung dosis efektif yang diterima pasien dengan cara mengalikan nilai DAP yang diperoleh (dalam cGy.cm²) dengan suatu koefisien dosis (dalam mSv/cGy.cm²). Nilai koefisien dosis dapat dilihat, misalnya, dari tabel yang diberikan pada publikasi Wall *et al.*²¹

Pada Tabel 2 dapat diketahui tindakan PAC dan PTCA memberikan risiko kesehatan yang cukup besar bagi pasien intervensi. Risiko efek deterministik dan efek stokastik pada pasien yang menjalani tindakan PAC dan PTCA ini cukup besar dibanding pasien yang menjalani tindakan lain.

Nasional maupun internasional tidak ada rekomendasi atau standar dosis radiasi maksimum yang boleh diterima pasien. Karena itu, data pengukuran ini hanya merupakan indikasi besar dosis

radiasi rata-rata yang diterima pasien intervensi di RSUP Dr. M. Djamil.

KAP maksimum untuk tindakan CA dan PCI pada penelitian ini masing-masing adalah 2497 cGy.cm² (atau 24,97 Gy cm²) dan 11835 cGy.cm² (atau 118,35 Gy cm²), sementara penelitian oleh Szumska *et al* menghasilkan KAP untuk tindakan yang sama sebesar 22.7 and 43.1 Gy cm².¹³ Data ini menunjukkan bahwa KAP untuk CA memiliki nilai yang relatif sama namun untuk PCI hasil penelitian ini hampir tiga kali lebih besar dari hasil penelitian Szumska *et al*. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kerumitan pelaksanaan tindakan, ketrampilan dan pengalaman pekerja, dan juga pengaturan kondisi operasi pesawat sinar-X yang digunakan.

SIMPULAN

Dosis radiasi yang diterima seluruh pekerja yang melakukan tindakan intervensi di RSUP Dr. M. Djamil terlihat sangat bervariasi. Meskipun sebagian besar dokter menerima dosis radiasi terbesar, namun dalam beberapa tindakan perawat ternyata menerima dosis radiasi terbesar tersebut.

Dosis tiroid dan dosis gonad/ovarium merupakan profil dosis yang diterima oleh kedua organ tubuh pekerja saat melakukan tindakan intervensi. Tidak ada nilai batas dosis untuk mencegah terjadinya efek deterministik yang diberlakukan pada kedua organ. Namun untuk mengurangi peluang terjadinya efek stokastik, kedua organ merupakan bagian dari

perhitungan dosis efektif yang memiliki nilai batas dosis sebesar 20 mSv/tahun.

Data penerimaan kerma dan KAP terbesar pada tindakan PAC dan PTCA oleh pasien memberikan dugaan bahwa tindakan tersebut memberikan risiko efek deterministik dan efek stokastik terbesar bagi pasien. Mengingat tidak ada standar yang berlaku untuk besar dosis radiasi yang diterima pasien, maka data ini juga merupakan profil dosis yang diterima pasien saat menerima tindakan intervensi di RSUP Dr. M. Djamil saat pengukuran dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada pimpinan dan staf RSUP Dr. M. Djamil, khususnya di Instalasi Pelayanan Jantung Terpadu, yang telah mengizinkan dilakukannya penelitian di instalasi tersebut, dan juga kepada Sdri. Helfi Yulianti yang telah membantu melakukan pengukuran. Penelitian terlaksana dengan dukungan dana dari DIPA PTKMR BATAN tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Leyton F, Nogueira MS, Saad J, dos Santos JA, Vano E, Oliveira MA, *et al.* Scatter radiation dose at the height of the operator's eye in interventional cardiology. *Radiat. Meas.* 2014;71:349-54.
- Wambani JS, Korir GK, Tries MA, Korir IK, Sakwa JM. Patient radiation exposure during fluoroscopy examinations. *J. Appl. Clinical Med. Phys.* 2014; 15(2):262-70.
- Khalafalla EH, Habbani FI, Gar-elnabi MEM. Effective dose to patients during cardiac interventional procedures. *Int. J. Sci. Res.* 2016; 5 (3):138-41.
- Kallinikou Z, Puricel S, Ryckx N, Togni M, Baeriswyl G, Stauffer J-C, *et al.* Radiation exposure of the operator during coronary interventions (from the RADIO Study). *Am. J. Cardiol.* 2016;118(2):188-94.
- Rajabi AB, Noohi F, Hashemi H, Haghjoo M, Miraftab M, Yaghoobi N, *et al.* Ionizing radiation-induced cataract in interventional cardiology staff. *Res. Cardiovasc. Med.* 2015;4(1):4-4
- Seals KF, Lee EW, Cagnon CH, Al-Hakim RA, Kee ST. Radiation-induced Cataractogenesis: A critical literature review for the interventional radiologist. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2016;39(2):151-60.
- Vano E, Kleiman, N.J, Duran A, Romano-Miller M, Rehani M. Radiation-associated lens opacities in catheterization personnel: results of a survey and direct assessments. *J. Vasc. Intervent. Radiol.* 2013;24:197-204.
- Jacob S, Boveda S, Bar O, Brezin A, Maccia C, Laurier D, *et al.* Interventional cardiologists and risk of radiation-induced cataract: results of a French multicenter observational study. *Int. J. Cardiol.* 2013;167:1843-1847.
- Rehani M.M, Vano E, Ciraj-Bjelac O, Kleiman N.J. Radiation and cataract. *Radiat.Prot.Dosim.* 2011;47:300-4.
- Vano E, Sanchez RM, Fernandez JM. Estimation of staff lens doses during interventional procedures. Comparing cardiology, neuroradiology and interventional radiology. *Radiat. Prot. Dosim.* 2015;165:279-83.
- Shore RE. Radiation and cataract risk: Impact of recent epidemiologic studies on ICRP judgments. *Mutation Research-Reviews in Mutation Research.* 2016;770 Part B:231-7.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR Report 2008 to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I. New York:United Nations;2010.
- Szumaska A, Kopeć R, Budzanowski M. Occupational doses of medical staff and their relation to patient exposure incurred in coronary angiography and intervention. *Radiat. Meas.* 2016; 84:34-40.
- Kim KP, Miller DL, de Gonzalez AB, Balter S, Kleinerman RA, Ostroumova E, *et al.* Occupational radiation doses to operators performing fluoroscopically-guided procedures. *Health.Phys.* 2012;103(1):80-99.
- Faxon DP, Williams DO. Interventional cardiology: Current status and future directions in coronary disease and valvular heart disease, *Circulation* 2016;133:2697-711.

16. Pereira H, Teles RC, Costa M, da Silva PC, Ferreira RC, Ribeiro VdG, *et al.* Trends in percutaneous coronary intervention from 2004 to 2013 according to the Portuguese National Registry of Interventional Cardiology. *Rev. Port. Cardiol.* 2015;34(11):673-81.
17. Antic V, Ciraj-Bjelac O, Rehani M, Aleksandric S, Arandjic D, Ostojic M. Eye lens dosimetry in interventional cardiology: Results of staff dose measurements and link to patient dose levels. *Radiat. Prot. Dosim.* 2013;154(3):276-84.
18. Al-Haj A, Lobrigo A, Al-Gain I, Staff eye doses in a large medical centre in Saudi Arabia: Are they meeting the new ICRP recommendations? *Radiat. Prot. Dosim.* 2015;165(1-4):294-8.
19. Domienik J, Brodecki JM, Rusicka D. A study on the dose distribution in the region of the eye lens and extremities for staff working in interventional cardiology. *Radiat. Meas.* 2012;47:130-8.
20. International Commission on Radiological Protection. ICRP statement on tissue reactions / early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in radiation protection context. ICRP Publication 118. *Ann. ICRP* 41(1/2); 2012.
21. Wall BF, Haylock R, Jansen JTM, Hillier MC, Hart D, Shrimpton PC. Radiation risks from medical X-ray examinations as a function of the age and sex of the patient. HPA-CRECE-028. HPA, October 2011. ISBN 978-0-85951-709-6.