

PROFIL PAPARAN RADIASI INSTALASI RADIOLOGI DALAM UPAYA MENDUKUNG PROGRAM PROTEKSI PADA RUMAH SAKIT/LABORATORIUM KLINIK RADIOLOGI DI WILAYAH KOTA SEMARANG

RADIATION EXPOSURE PROFILE IN RADIOLOGICAL DEPARTMENT TO SUPPORTING PROTECTION PROGRAMS IN HOSPITALS / RADIOLOGICAL CLINIC LABORATORY IN SEMARANG CITY

Dwi Rochmayanti¹⁾, Siti Daryati²⁾, Darmini³⁾, Yeti Kartikasari⁴⁾
^{1,2,3)} Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia
e-mail: dwirochmayanti@poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: All acts of radiation use, both for diagnostics, therapy and nuclear medicine, must go through a process of justification, limitation and optimization so that patients, officers and the surrounding environment get as much diagnostic benefit as possible with the smallest possible radiation risk. Some problems that arise in the Hospital / clinic, often ignore and do not pay attention to work exposure safety factors. The purpose of this study was to determine the profile of occupational radiation exposure and the effectiveness of radiation shielding in the radiology department of the Semarang city then compared to the reference dose to determine the optimization of radiation protection.

Methods: The type of research conducted is quantitative research with a survey and observational approach. Exposure measurements were carried out in 5 radiology department, which included 3 hospitals and 2 clinical laboratories. Documents and room observations are also carried out. For the effectiveness of the radiation barrier it is also measured before and after the radiation shielding by using a surveymeter tool. The results data are then presented in descriptive analyses.

Results: The results of the study of radiation exposure profiles in five radiology institutions, four institutions there was radiation exposure recorded on the surveymeter tool, with the largest exposure value was 0.099 mSv / h (still below the safe limit of 1 mSv / year). Only one hospital is safe, and there are no leaks.

Conclusions: The effectiveness of the radiation retaining wall, four hospitals have a barrier level equal to 1 mm Pb at 80 kVp irradiation, and 1 hospital (RSJ) has a radiation barrier equivalent to 0.5 mmPb.

Keywords: Radiation Exposure, Effectiveness of Radiation Shielding, Hospitals in Semarang City

PENDAHULUAN

Pemanfaatan pesawat sinar-X untuk diagnostik secara tepat meliputi desain ruangan, pemasangan, dan pengoperasian sesuai dengan norma keselamatan radiasi. Dalam hal ini setiap pesawat Sinar-X harus sesuai dengan spesifikasi keselamatan alat, perlengkapan proteksi radiasi, keselamatan operasional, proteksi pasien, dan uji kepatuhan (*compliance test*). Pesawat Sinar-X harus dalam kondisi yang baik dan dirawat dengan program jaminan kualitas. Pesawat sinar-X dimanfaatkan untuk kegiatan Diagnostik, Intervensial, Penunjang Radioterapi dan Penunjang Kedokteran Nuklir. Dalam melakukan pelayanan kepada pasien, harus diupayakan agar pekerja menerima dosis sekecil kecilnya. Apabila semua peraturan, ketentuan dan pedoman dipenuhi maka standar dosis pasien radiografi diagnostik akan sesuai dengan *Safety Standarts, Safety Series No. 115-1* terbitan IAEA, tahun 1994.

Selain memberikan sifat yang menguntungkan ternyata sinar-X juga memberikan sifat yang merugikan yaitu sinar yang dikeluarkan dari *general x-ray* mempunyai sifat ionisasi terhadap suatu jaringan yang dilewatinya, sehingga apabila sinar-X tersebut mengenai manusia secara berlebihan maka

akan dapat mengakibatkan efek-efek yang merugikan. Karena itu, baik operator sinar-X maupun pasien harus berhati-hati terhadap sinar-X. Efek tersebut tersebut dapat diminimalisir dengan sistem proteksi radiasi yang menjamin keamanan bagi pasien, operator dan masyarakat umum.

Berdasarkan observasional awal beberapa permasalahan yang timbul di Rumah Sakit/klinik, sering mengabaikan dan tidak memperhatikan faktor keamanan paparan kerja. Pengukuran daerah paparan memang menjadi salah satu prasarat yang diberikan BAPETEN dalam dokumen perijinan, akan tetapi dengan adanya keterbatasan ketersediaan alat ukur juga menjadi kendala tersendiri. Meski tersedia petugas proteksi radiasi pada sebuah instalasi radiologi, akan tetapi tanpa alat yang memadai tidak akan dapat memberikan informasi paparan yang tepat dan terukur.

Hal ini yang mendasari peneliti untuk melakukan kajian untuk mengetahui bagaimana profil paparan di instalasi radiologi Rumah sakit/klinik di wilayah kota Semarang beserta evaluasi dan tindak lanjutnya.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan survei. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni sampai Oktober 2018 di lima Rumah Sakit/ Laboratorium klinik di wilayah kota Semarang. Data diperoleh dari telusur dokumen, observasional dengan melakukan pengukuran paparan dan efektivitas dinding perisai dengan alat ukur survey meter RAM ION. Pengukuran dilakukan sebelum dan setelah dinding pada 4 sisi dinding radiologi. Faktor teknis untuk pengukuran dilakukan dengan standar pemeriksaan abdomen. Kondisi penyinaran disesuaikan dengan masing-masing rumah sakit. Phantom air digunakan pada saat pengukuran ini, kecuali pada salah satu rumah sakit, dengan pengukuran dilakukan saat ada pemeriksaan serial untuk saluran pencernaan.

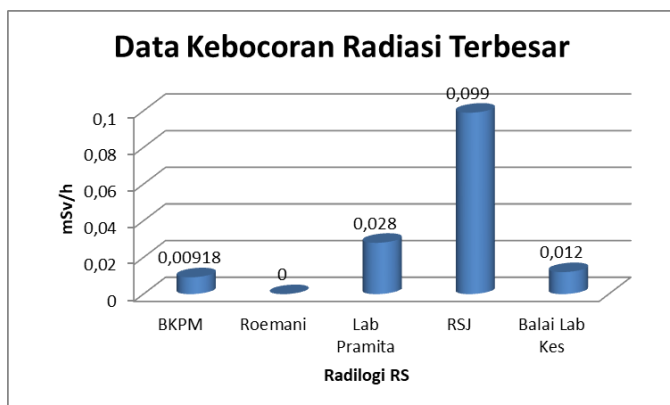
Pengolahan dan analisa data dilakukan dengan deskriptif dengan cara mengolah data yang didapat dengan memperhatikan dan merujuk pedoman proteksi yang ada di Indonesia.

HASIL

Beberapa aspek yang dikaji dalam penelitian ini adalah profil paparan radiasi, Efektivitas dinding ruangan/perisai radiologi dan aspek administratif keselamatan dan proteksi radiasi. Semua data akan direferensikan dengan ketentuan yang berlaku di Indonesia sesuai dengan Perka Bapeten nomor 8 tahun 2011.

Profil Paparan Radiasi

Pengukuran paparan disekitar ruang radiologi dilakukan dengan menggunakan survey meter yang terkalibrasi. Pengukuran dilakukan didaerah sekitar ruang radiologi yang biasa di tempati oleh operator atau masyarakat sekitar. Hasil pengukuran didapatkan profil sebagaimana pada gambar 1.



Gambar 1. Data kebocoran radiasi terbesar pada masing-masing Instalasi Radiologi

Berdasarkan gambar 1, kebocoran terbesar untuk paparan radiasi adalah di bingkai kaca Pb di ruang operator radiologi Rumah Sakit RSJ Amino Gondho hutomo. Disusul dengan adanya kebocoran sebesar 0,028 mSv/h pada celah pintu utama pasien diarea ruang tunggu. Masih di bagian pintu, juga terjadi kebocoran paparan di bagian pintu operator yang sedikit terbuka di Balai Laboratorium Kesehatan sebesar

0,012 mSv/h. Sedangkan paparan sebesar 0,00918 mSv/h diarea operator BKPM. Sedangkan di RS Roemani Muhammadiyah tidak ada indikator kebocoran perisai radiasi.

Efektivitas Dinding Ruang/Perisai Radiologi

Dalam suatu instalasi radiologi, konstruksi gedung yang digunakan memiliki fungsi sebagai penahan radiasi yang disesuaikan dengan peralatan sinar-X yang digunakan. Penahan radiasi yang dilakukan pengukuran disini adalah penahan radiasi sekunder, dimana penahan ini memberikan perlindungan terhadap radiasi bocor dan radiasi hambur. Efektivitas ruangan radiologi diukur untuk memastikan tidak ada kebocoran radiasi yang diterima di luar ruangan baik oleh pekerja radiasi maupun oleh masyarakat umum. Pengukuran efektivitas dinding dilakukan dengan cara mengukur paparan sebelum dan sesudah dinding dengan alat survey meter. Pengukuran dilakukan pada area yang sama dengan pengukuran paparan diluar ruangan.

Tabel 1. Efektivitas Penahan Radiasi

RS	Sisi Dinding	Spesifikasi Dinding/perisai	Evektifitas
BKPM	Depan	Batu bata 25 cm	99,51
	Kanan		100
	Kiri		100
	Belakang		100
RMN	Depan	Batu bata 30 cm, pintu dilapisi Pb 2mm	100
	Kanan		100
	Kiri		100
	Belakang		100
PRM	Depan	Beton 18 cm, pintu dilapisi Pb 2 mm	98,66
	Kanan		100
	Kiri		100
	Belakang		100
RSJ	Depan	Batu bata 30 cm, pintu dilapisi Pb 2 mm	100
	Kanan		91,82
	Kiri		100
	Belakang		100
LabKes	Depan	Batubata 15 cm + Pb 2 mm, pintu dilapisi Pb 2 mm	99,6
	Kanan		100
	Kiri		100
	Belakang		99,6

Dari data hasil didapatkan, keseluruhan hasil menunjukkan bahwa efektivitas dinding penahan radiasi memiliki nilai diatas $\geq 99\%$, dan hanya 1 area saja yang menunjukkan 91% pada bingkai kaca Pb di intalasi Radiologi RSJ, hal ini disebabkan karena bingkai kaca yng terbuat dari kayu tidak dilapisi oleh Pb.

Aspek Administratif Keselamatan dan Proteksi Radiasi

Hasil pengamatan di lapangan untuk ukuran ruangan, kelima radiologi subyek penelitian, telah memenuhi stndar minimal yang telah ditetapkan berdasarkan KEPMENKES nomor 1014/MENKES/SK/2008 tentang Standar Pelayanan Radiologi Diagnostik di Sarana Pelayanan Kesehatan dimana ukuran ruangan untuk alat dengan kekuatan tegangan tabung sampai dengan 150 kVp minimal adalah 4 m x 3 m x 2,8 m.

Sesuai dengan Perka BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011 yang mempersyaratkan adanya dokumen program proteksi

dan keselamatan radiasi yang menjadi salah satu syarat dalam perijinan pesawat sinar-X juga telah dilengkapi oleh seluruh tempat penelitian. Tanda-tanda peringatan radiasi juga terpasang di seluruh bagian depan dari instalasi radiologi sebagai subyek penelitian dan ditempat dan area yang mudah terlihat. Tanda bahaya radiasi yang dipasang antara lain, Tanda/Logo bahaya radiasi, lampu merah saat pemeriksaan sinar-X dilakukan dan peringatan radiasi bagi wanita hamil, sebagaimana terlihat pada tabel 2. Hal ini juga menjadi verifikasi bagi keselamatan.

Tabel 2. Tanda-tanda Peringatan Radiasi

RS	Simbol Radiasi	Lampu merah	Peringatan bagi wanita hamil
BKPM	Tersedia	Berfungsi	Tersedia
RMN	Tersedia	Berfungsi	Tersedia
PRM	Tersedia	Berfungsi	Tersedia
RSJ	Tersedia	Berfungsi	Tersedia
LabKesDa	Tersedia	Berfungsi	Tersedia

Peralatan alat proteksi radiasi berupa apron juga tersedia di lima radiologi tersebut. Meskipun saat penyimpanan apron, hanya satu rumah sakit yang menyediakan lemari khusus, sehingga penyimpanan apron bisa dipastikan dalam kondisi yang baik. Sebagian besar, apron hanya ditempatkan di atas meja pemeriksaan pasien, dan ada yang digantungkan. Kondisi penyimpanan apron ini juga harus diperhatikan dengan baik, jangan sampai apron tersebut rusak dan tidak berfungsi dengan baik akibat penyimpanan yang kurang tepat. Misal, dengan kondisi apron yang ditekuk dapat menyebabkan retakan pada area tekukan, sehingga kemungkinan radiasi bisa bocor pada area tersebut. Demikian juga dengan pemasangan apron yang di gantung. Dengan kondisi tergantung akan ada pengaruh gravitasi bumi, sehingga apron lebih terbebani ke bawah. Untuk kelengkapan alat proteksi yang ada dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Ketersediaan Peralatan Proteksi Radiasi

RS	Apron	Kaca mata Pb	Sarung tangan Pb	Keterangan
BKPM	Ada	Ada	Ada	Apron pelindung diletakkan diatas brankart pasien
RMN	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Apron pelindung diletakkan diatas meja pemeriksaan
PRM	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Apron pelindung digantung dekat meja pemeriksaan
RSJ	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Tersedia almari penyimpanan apron
LabKesDa	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Apron pelindung diletakkan diatas meja pemeriksaan

DISKUSI

Verifikasi keselamatan radiasi dilakukan salah satunya adalah dengan adanya pemantauan paparan radiasi. Berdasar Peraturan kepala BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014 tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Pesawat Sinar X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, Rumah Sakit berkewajiban memastikan agar Nilai Batas Dosis (NBD), tidak terlampaui, hal ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu melakukan pemantauan paparan radiasi dan pemantauan dosis yang diterima oleh pekerja radiasi. Pemantauan radiasi ini meliputi dosis personel maupun ruang disekitar pesawat sinar-X, untuk pemantauan dosis personel dilakukan dengan film badge ataupun pocket dosimeter yang dievaluasi setiap bulannya oleh masing-masing instansi. Yang menjadi kendala dilapangan, adalah pemantauan dosis sekitar. Hal ini disebabkan karena minimalnya alat yang dimiliki masing-masing institusi dalam melakukan kegiatan tersebut. Dari lima instansi radiologi sebagai subyek penelitian ini, hanya ada 3 instansi yang memiliki alat survey meter, akan tetapi kesadaran tentang pentingnya alat tersebut juga sudah mulai timbul, khususnya bagi tenaga PPR (Petugas proteksi Radiasi). Bahkan jika memungkinkan, terpenuhinya paparan radiasi yang dalam batas minimal dapat digunakan sebagai sasaran mutu instansi radiologi terkait. Pengawasan melekat dan persyaratan cukup detail dari Bapeten bisa menjadi alarm dan *warning* bagi institusi untuk melengkapi persyaratan kelayakan untuk mendapatkan perijinan pesawat, meskipun pemantauan radiasi ini merupakan salah satu persyaratan dari sekian banyak persyaratan yang lain.

Dari hasil penelitian, kelima instansi Radiologi masih dalam batas aman dimana yang paling besar adanya kebocoran paparan adalah di area operator Instansi radiologi Rumah Sakit Jiwa Amino Gondho hutomo, dimana pada kaca Pb terdapat kebocoran sebesar 99 $\mu\text{Sv/h}$. Hal ini disebabkan bingkai kaca Pb hanya terbuat dari kayu dan tidak dilapisi Pb. Diharapkan dari data ini, pihak radiologi RSJ ada tindak lanjut dengan melaporkan ke bagian Keselamatan Radiasi di rumah Sakit untuk segera dilakukan penambahan lapisan Pb di area bingkai Pb, untuk sementara waktu radiografer saat melaksanakan tindakan radiografi tidak berada persis di belakang kaca Pb, tapi bisa agak bergeser sedikit di balik penahan radiasi. Adanya kebocoran juga ditunjukkan di instalasi radiologi BKPM. Pada area ruang saat survey meter diarahkan ke atas, tercatat data ukur adalah 89 $\mu\text{Sv/h}$ dan area antara sekat adalah 9 $\mu\text{Sv/h}$. Hal ini disebabkan adanya sekat yang tidak sampai atap. Sekat hanya memiliki tinggi sekitar 180 cm, sehingga masih ada celah bagian atas yang memungkinkan terpapar radiasi. Temuan lain adalah adanya kebocoran pada celah pintu di Laboratorium Klinik Pramita dan Balai Laboratorium Kesehatan. Sebagaimana permasalahan diatas, sebagai tindak lanjut temuan, alangkah baiknya pada saat eksposi dilakukan penunggu pasien jangan sampai ada yang mendekati pintu pemeriksaan. Secara umum paparan radiasi di lima instansi radiologi tersebut masih dalam batas aman. Hal ini berdasarkan Perka BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011 mengenai limitasi dosis untuk pekerja radiasi

dosis efektif rata-rata dalam satu tahun tertentu adalah 50 mSv atau 20 mSv per tahun rata-rata selama 5 tahun berturut-turut dan batas untuk masyarakat umum adalah 1 mSv pertahun. Sehingga dalam hal ini pemegang ijin harus memastikan bahwa NBD (Nilai Batas Dosis) tidak terlampaui dengan beberapa hal yakni pemantauan paparan radiasi dengan alat survey meter, pemantauan dosis pekerja, menyediakan perlengkapan alat proteksi radiasi yang dalam kondisi dan fungsi yang baik. Dari hasil pengukuran, sebagian besar kebocoran adalah masalah konstruksi bangunan dan adanya celah pada pintu, hal ini harus segera ditindaklanjuti dengan melakukan perbaikan, meskipun kebocoran masih dalam rentang rendah, tetapi harus tetap dilakukan tindakan korektif dari permasalahan yang ada. Dan pemegang ijin bertanggungjawab terhadap hal tersebut. Dalam upaya pembatasan dosis bagi pekerja radiasi agar tidak melebihi Nilai Dosis (NBD) yang ditetapkan oleh BAPETEN, Pemegang ijin dapat menetapkan Pembatas Dosis (*Dose Constrain*) untuk pekerja yang berlaku khusus pada lingkup Instalasi yang menjadi tanggungjawabnya. Dalam melakukan desain bangunan fasilitas, penetapan *dose constrain* harus menjadi pertimbangan dimana $\frac{1}{2}$ dari nilai batas dosis per tahun untuk pekerja radiasi yaitu sebesar 10 mSv per tahun atau 0,2 mSv per minggu sedangkan nilai batas untuk anggota masyarakat sebesar 0,5 mSv per tahun atau 0,01 mSv per minggu.

Efektifitas dinding penahan radiasi diukur untuk memastikan bahwa tidak adanya radiasi yang bocor ke area masyarakat. Secara umum menunjukkan $\geq 99\%$, tetapi ada satu area yang menunjukkan efektifitas 91%. Jika dilihat dari hasil secara umum, kondisi dinding penahan radiasi mampu mengatenuasi berkas sinar X setara dengan 1,0 mmPb pada kondisi penyinaran 80 kVp. Sedangkan area yang memiliki efektifitas 91% setara dengan 0,5 mmPb (McCaffrey, 2007). Idealnya, penahan dinding harus 100% bisa menahan radiasi. Menurut Sutjipto, untuk pesawat dengan tegangan puncak 100 kV dan 125 kV tebal perisai yang diperlukan untuk menahan intensitas radiasi pada jarak 2,00 meter dari sumber adalah berkisar 0,85 mm sampai dengan 2,60 mm untuk timbal (Pb), atau 7,5 cm sampai dengan 21,50 cm untuk beton. Tapi yang perlu ditekankan adalah sebagian besar kebocoran yang terjadi adalah karena kondisi pintu yang tidak tertutup dengan baik, sehingga tetap disarankan untuk dilakukan perbaikan pintu yang ada.

Ketersediaan alat pelindung diri berupa apron juga memegang peranan penting dalam upaya keselamatan radiasi. Tidak semata ada atau tidak, setidaknya juga memastikan APD yang ada memang berfungsi dengan baik. *Lead apron* mempunyai peran penting dalam proteksi diri terhadap radiasi. Dalam radiologi *lead apron* dipakai di kamar pemeriksaan selama pemeriksaan radiologi dan *lead apron* mempunyai fungsi spesifik yaitu sebagai perisai terhadap radiasi sekunder. Maka *lead apron* digunakan untuk berbagai pemeriksaan diagnostik termasuk angiografi, fluoroscopy, dan dirancang untuk melindungi daerah yang sensitif (Brennan, 2004). Alat berfungsi dengan baik atau tidak, bisa dilakukan pengecekan minimal 1 tahun sekali. Selain berfungsi dengan baik juga

harus dipastikan bahwa APD yang kita gunakan harus memiliki angka kecukupan. Faktor penyimpanan apron berpengaruh terhadap efektifitas fungsi alat. Apron yang disimpan dalam kondisi terlipat, dapat menyebabkan retakan pada area yang terlipat. *Lead apron* mengalami kerusakan seperti retak atau adanya lubang ini menyebabkan terjadinya penurunan kemampuan untuk melindungi diri dari bahaya radiasi. *Lead apron* boleh dipergunakan apabila selisih ketebalan tidak melebihi 5% dari ketentuan yang di keluarkan oleh produsen. Misalkan ketebalan yang ditentukan oleh produsen adalah 0,25 mm Pb, apabila setelah dilakukan pengukuran didapatkan nilai ketebalan $< 0,24$ mm Pb maka akan melebihi nilai yang diperbolehkan. Kondisi penyimpanan dalam kondisi menggantung juga menyebabkan *lead Pb* yang ada akan menurun akibat gaya gravitasi. Jadi seharusnya *lead apron* disimpan dalam rak khusus dan diletakkan secara horizontal tanpa terlipat.

Tanda bahaya radiasi yang terlihat dengan jelas juga akan memberikan informasi dan peringatan kepada masyarakat umum terhadap bahaya radiasi. Sehingga ada rasa kehati-hatian dalam masyarakat terhadap radiasi. Hal ini juga perlu diimbangi dengan sosialisasi mengenai manfaat dan dampak radiasi secara tepat sehingga pemahaman tidak hanya dari satu arah. Lampu merah sebagai indikator sedang dilakukan pemeriksaan, idealnya memang berfungsi secara otomatis. Dari kelima instansi radiologi tempat penelitian lampu indikator radiasi masih berfungsi secara manual, sehingga diperlukan ketepatan dan kecermatan radiografer untuk selalu menyalakan lampu jika pemeriksaan sedang berlangsung. Sehingga masyarakat umum, di luar pasien terhindar dari radiasi yang tidak seharusnya mengenai mereka.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, dan didasarkan dengan tujuan penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa profil paparan radiasi di lima institusi radiologi, empat institusi terdapat paparan radiasi yang tercatat pada alat survey meter, dengan nilai paparan terbesar adalah 0,099 mSv/h (masih dibawah batas aman 1 mSv/tahun). Hanya satu rumah sakit yang aman, dan tidak ada kebocoran. Efektifitas dinding penahan radiasi, empat rumah sakit memiliki tingkat penahan setara dengan 1 mm Pb pada penyinaran 80 kVp, dan 1 rumah sakit (RSJ) memiliki penahan radiasi setara dengan 0,5 mmPb.

DAFTAR PUSTAKA

- Brennan. 2004. Protective aprons in imaging departments: manufacturer stated lead equivalence values require validation. St Anthony's, Herbert Avenue, Dublin 4, Ireland.
- Candra Ancila dan Eko Hidayanto. 2016. Analisis Dosis Paparan Radiasi Pada Instalasi Radiologi Dental Panoramik. *Youngster Physics Journal*, Vol. 5 No. 4. Hal 441-450.
- Edi Daenuri Anwar. 2011. Sistem Proteksi Radiasi : Analisis Terhadap Bidang Radiologi Rumah Sakit *Jurnal Phenomenon*, Vol. 1 No. 1.
- Eri Hiswara. 2015. Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit. ISBN: 978-979-8500-68-6, Batan Press.
- McCaffrey, J.P. , H. Shen, B. Downtown and E. 2007. Mainegra-Hing. Radiation attenuation by lead and non lead material used in radiation shielding garments, *Med. Phys.* 34 (2). DOI: 10.1118/1.2426404.
- PERKA BAPETEN No. 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.

- Rini Indrati, dkk. 2016. Buku Diklat PPR Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang tahun 2016.
- Rusmanto. 2015. Implementasi Tingkat panduan Paparan Medik dan Uji Kesesuaian Pesawat Sinar X Terkait Dengan Informasi Dosis Atau Laju Dosis Radiasi Yang Diterima Pasien, Buletin Bapeten, ISSN : 2087-779X.
- Safety Standarts. 1994. Safety Series No. 115-1. IAEA.
- Tito Sutjipto. Perancangan dan Penahan Radiasi di Unit Radiologi Untuk Diagnostik Menggunakan Sinar-X, Prosiding Seminar Teknologi Keselamatan Radiasi dan Biomedik Nuklir I.
- United Nations Scientific Committee On effects Of Atomic Radiation. 2000. Sources And Effects of Ionizing Radiation, Unsear 2000 Report to the General Assembly. New York : United Nation.