



## MEASUREMENT OF RADIATION EXPOSURE IN FACILITIES FOR RADIOLOGY DIAGNOSTIC AT THE COVID-19 EMERGENCY HOSPITAL IN WISMA ATLET JAKARTA

PENGUKURAN PAPARAN RADIASI DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT DARURAT PENANGANAN COVID-19 WISMA ATLET JAKARTA

**Research Report**  
Penelitian

Muhammad Irsal<sup>1,2</sup>, Firdha Adlia Syuhada<sup>3,4</sup>, Yolanda Pangestu Ananda<sup>4</sup>, Andre Galih Pratama Putra<sup>4</sup>, Muhammad Rizky Syahputera<sup>4</sup>, Syahputera Wibowo<sup>4</sup>, Rizky Kahar<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Medical Physicist, Emergency Hospital for COVID - 19 Wisma Atlet Jakarta. Jakarta - Indonesia

<sup>2</sup> Department of Radiodiagnostic and Radiotherapy, Health Polytechnic Ministry of Health Jakarta II. Jakarta-Indonesia

<sup>3</sup> Postgraduate Diagnostic Imaging Program, Health Polytechnic of Semarang. Semarang - Indonesia.

<sup>4</sup> Radiographers, Emergency Hospital for COVID - 19 Wisma Atlet Jakarta. Jakarta - Indonesia

### ABSTRACT

**Background:** Facility design for radiology diagnostic examination was one of the concerns in the COVID-19 pandemic. This is related to the establishment of emergency department of radiology which were carried out in a very fast pace. **Purpose:** This study was an effort to the radiation protection for workers and public. **Methods:** Data collection was carried out on 1-29 May 2020 at the COVID-19 Emergency Hospital in Wisma Atlet Jakarta. **Results:** The assessment for the area was 1 = 22.38 mR /week, in the area was 2 = 5.23 mR /week, in the area 3 = 7.32 mR / week, in the area 4 = 8.67 mR /week. Thus, the exposure received is still within limits safe in the controlled area. Meanwhile, the uncontrolled area will continue to be monitored to ensure that there is no activity. **Conclusion:** In the effort of protecting the workers and the public from the radiation, the principles of radiation protection, distance, time, and shielding should always be implemented.

### ABSTRAK

**Latar belakang:** Desain ruangan pemeriksaan radiologi merupakan salah satu hal yang menjadi perhatian penting di masa pandemi COVID-19, hal ini terkait dengan pembuatan Instalasi Radiologi darurat yang dilakukan dalam jangka waktu yang sangat cepat. **Tujuan:** Sebagai upaya proteksi dan keselamatan radiasi terhadap pekerja radiasi dan masyarakat. **Metode:** Pengambilan data dilakukan pada tanggal 1-29 Mei 2020 di Rumah Sakit Penanganan COVID-19 Wisma Atlet Jakarta. **Hasil:** Pengukuran pada area 1 = 22,38 mR/minggu, area 2 = 5,23 mR/minggu, area 3 = 7,32 mR/minggu, area 4 = 8,67 mR/minggu sehingga paparan yang diterima masih dalam batas aman pada daerah pengendalian sedangkan pada daerah supervisi akan terus dipantau agar memastikan bahwa tidak ada aktivitas. **Kesimpulan:** Dalam upaya proteksi dan keselamatan radiasi terhadap pekerja dan masyarakat maka selalu mengedepankan prinsip proteksi radiasi jarak, waktu dan *shielding*.

### ARTICLE INFO

Received 7 September 2020  
Accepted 20 October 2020  
Online 19 November 2020

\* Korespondensi (Correspondence):  
Muhammad Irsal

E-mail :  
helloirsal@gmail.com

#### Keywords:

COVID-19 pandemic, Facilities for radiology diagnostic, Controlled area, Uncontrolled area, Radiation protection

#### Kata kunci:

Pandemi COVID-19, Desain instalasi radiologi, Daerah pengendalian, Daerah supervisi, Proteksi radiasi

## PENDAHULUAN

Radiologi atau pencitraan diagnostik adalah penggunaan sumber radiasi pengion untuk diagnosa maupun pengobatan sebuah penyakit (Kimori, 2020), (Cha et al., 2018). Pencitraan diagnostik membantu berbagai tes diagnosa serta penilaian gejala pasien, salah satunya yaitu pemeriksaan radiografi dada yang dapat digunakan sebagai *follow up* perkembangan penyakit (Veldkamp et al., 2009). Pencitraan diagnostik terdiri dari berbagai modalitas pencitraan yang salah satunya yaitu pesawat mobile sinar-X, dalam setiap penggunaan pesawat mobile sinar-X selalu dilengkapi dengan *mobile shielding* (NHS, 2001).

Instalasi radiologi terdiri dari beberapa staf medis diantaranya dokter radiologi, radiografer, fisikawan medik dan perawat yang kemungkinan menerima paparan dan memberikan potensi peningkatan dosis radiasi secara signifikan dari waktu ke waktu, hal ini dapat terjadi karena jumlah pasien yang meningkat pada masa pandemi COVID-19 (Alvin et al., 2020), (Mossa-Basha et al., 2020), (Dauer, 2014). Ketika pemeriksaan radiografi dilakukan, kemungkinan terjadi potensi paparan radiasi disekitar ruangan akibat radiasi primer, hambur dan kebocoran tabung (Palmer et al., 2007), (Bushberg et al., 2002).

Desain ruangan pemeriksaan radiologi merupakan salah satu hal yang menjadi perhatian penting di masa pandemi COVID-19, hal ini terkait dengan pembuatan instalasi radiologi darurat yang dilakukan dalam jangka waktu yang sangat cepat dan digunakan sebagai salah satu menunjang pelayanan kesehatan dalam membantu mendiagnosa COVID-19. Tujuan melakukan evaluasi desain ruangan radiologi adalah meninjau beban kerja, penerapan perisai terhadap paparan radiasi primer dan radiasi sekunder, serta kebocoran tabung berdasarkan desain dan tata letak peralatan yang ada didalam instalasi radiologi (Biggs, 2001). Penerapan proteksi dan keselamatan radiasi sangat penting, hal ini tergantung pada *habit* pekerja dalam melakukan tindakan proteksi dan keselamatan radiasi. Dalam desain ruangan radiologi perhitungan beban kerja menjadi pertimbangan yang penting, oleh karena peningkatan beban kerja perlu disesuaikan dengan mempertimbangkan ukuran ruangan dan tata letak ruangan (Hanson and Palmer, 2013).

Secara umum upaya proteksi dan keselamatan radiasi lebih difokuskan kepada pekerja di instalasi radiologi, hal yang mendasari yaitu 1) Pekerja menerima paparan radiasi selama bekerja (dokter radiologi, radiografer, fisikawan medik, perawat), 2) Pasien dilakukan pemeriksaan radiografi selalu berdasarkan prinsip ALARA, 3) Pasien menerima paparan medik hanya untuk keperluan pemeriksaan radiografi dan hanya dilakukan sekali. Berdasarkan laporan ICRP No 117, masih kurangnya kesadaran pekerja radiasi terhadap resiko akibat paparan radiasi, hal ini mungkin terjadi karena ketakutan radiasi yang tidak berdasar

(efek *non-stokastik*) ataupun mengabaikan proteksi dan keselamatan radiasi pada saat bekerja (Rehani et al., 2010).

Di rumah sakit, tata letak ruangan instalasi radiologi berdekatan dengan beberapa ruangan, dengan kata lain orang yang berada diluar ruangan radiologi kemungkinan menerima paparan radiasi. Berdasarkan perka BAPETEN No 8 tahun 2011 tentang keselamatan sumber radiasi batas dosis untuk pekerja radiasi 0,5 mSv/minggu dan masyarakat 0,1 mSv/minggu (BAPETEN, 2011), karena kemungkinan selain pekerja medis adanya masyarakat/pasien yang berada disekitar ruangan radiologi (Martin, 2015). Oleh karena perlunya upaya proteksi dan keselamatan radiasi dengan melakukan pengukuran paparan radiasi di instalasi radiologi Rumah Sakit Darurat Penanganan COVID-19 Wisma Atlet Jakarta.

## MATERIAL DAN METODE

Dalam melakukan evaluasi desain instalasi radiologi, pertama dilakukan pengukuran estimasi paparan radiasi diruangan pemeriksaan radiografi. Kondisi umum instalasi radiologi, berukuran ruangan 9 x 11 m<sup>2</sup>, peralatan yang digunakan yaitu mobile X-ray IR 100D kapasitas 100 mA, *mobile shielding*, *computer radiography* AGFA CR-15X dan printer film. Instalasi radiologi hanya mempunyai satu ruangan pemeriksaan radiografi yang digunakan untuk berbagai pemeriksaan radiografi umum dengan ukuran ruangan 4.8 m x 4.2 m x 3 m, karena rumah sakit ini dibangun untuk penanganan COVID-19 sehingga pemeriksaan yang sering dilakukan yaitu pemeriksaan rontgen dada.



Gambar 1. Surveymeter

Pengukuran paparan radiasi menggunakan survey meter (Gambar 1) di beberapa titik disekitar ruangan pemeriksaan radiografi, hal ini dilakukan agar dapat memantau radiasi hambur di daerah pengendalian dan supervisi. Kemudian, dilakukan perhitungan menggunakan panduan NCRP 147 (Tenforde et al., 2004), untuk menentukan estimasi ketebalan perisai agar dapat mengurangi radiasi hambur pada daerah pengendalian dilakukan perhitungan perisai radiasi

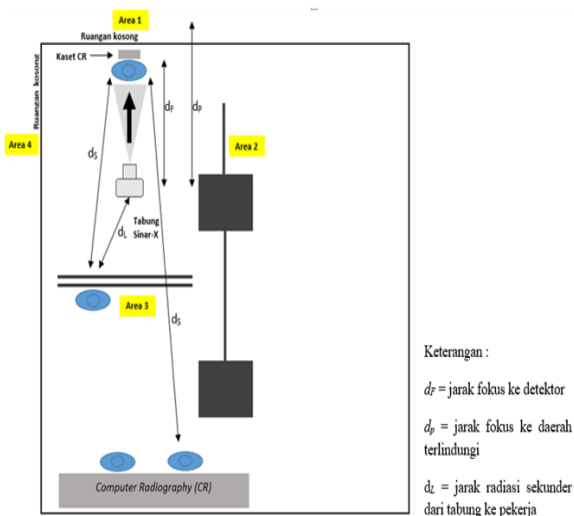
$$x_{barrier\ primer} = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[ \frac{\left( \frac{N T U K_p^1}{P d_p^2} \right)^\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right] - x_{pre}$$

Dimana  $K_p^1$  adalah rata-rata radiasi primer yang diterima pasien pada jarak 1 meter dari sumber radiasi, N jumlah pasien per minggu, P batas dosis pada daerah pengendalian, T faktor occupancy, U faktor use,  $d_p$  jarak maksimum dari sumber ke penghalang radiasi. Kemudian untuk perhitungan penghalang radiasi sekunder pada daerah supervisi, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$x_{barrier\ sekunder} = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[ \frac{\left( \frac{N T U K_p^1}{P d_p^2} \right)^\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right]$$

**HASIL**

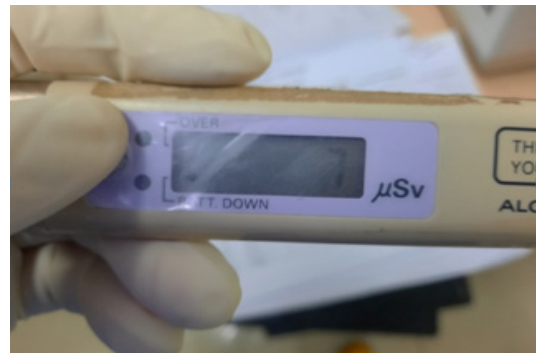
Khusus di Rumah Sakit Darurat Penanganan COVID-19 beban kerja untuk setiap pekerja radiasi dengan waktu kerja 5 jam, dibagi dalam 3x shift/hari dan 6 hari masuk dalam seminggu. Beban kerja ini sesuaikan dengan jumlah relawan radiografer, selain itu mempertimbangkan jumlah pasien pemeriksaan radiografi per hari, oleh karena selain terpapar pasien COVID-19 juga kemungkinan terpapar oleh radiasi sinar-X. Beban kerja untuk radiografer di Instalasi Radiologi diberikan dalam satuan mA.min/minggu. Faktor *occupancy* mempertimbangkan bahwa seseorang yang berada pada daerah pengendalian (area 2, area 3) dan daerah supervisi (area 1, area 4) semuanya harus diawasi paparan radiasi yang diterima seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema instalasi radiologi

Radiografer dianggap berada pada daerah pengendalian selama bekerja oleh karena itu faktor *occupancy*=1. Selain itu faktor *use* (U) menjadi pertimbangan, dimana berkas radiasi yang diarahkan ke tembok dapat mengurangi paparan radiasi, sehingga untuk faktor *use* =1 karena arah berkas ke *bucky stand* dan tembok beton, selain itu faktor *use* berhubungan dengan faktor beban kerja. Hasil perhitungan beban kerja ditunjukkan pada Tabel 1.

Dari hasil analisa, didapatkan bahwa paparan radiasi di instalasi radiologi pada ruangan pemeriksaan/daerah pengendalian paparan radiasi dibawah 100 mR/minggu, sedangkan pada daerah supervisi lebih dari batas yang diperbolehkan akan tetapi dipastikan bahwa tidak ada aktivitas yang dilakukan pada daerah tersebut. Selain pengukuran paparan radiasi menggunakan suvey meter, untuk memastikan proteksi dan keselamatan pekerja pengukuran paparan juga menggunakan pendose (ALOKA No.C0562 ) yang dilakukan mulai pada tanggal 11-18 Mei 2020 (Gambar 3) dengan hasil 7  $\mu$ Sv/minggu. Sehingga dipastikan bahwa ruangan radiologi masih dalam keadaan aman untuk pekerja radiasi.



**Gambar 3.** Skema instalasi radiologi

Pengukuran paparan radiasi dilakukan untuk memantau sebaran radiasi yang berada di daerah pengendalian dan supervisi. Pengukuran paparan dilakukan dengan menggunakan faktor eksposi tertinggi pada saat melakukan pemeriksaan radiografi yaitu 80 kV, 5 mAs dan FFD 180 cm. Faktor eksposi ini sebelumnya sudah dilakukan penilaian kualitas citra dan estimasi dosis menggunakan CALdose-X (Kramer et al., 2008) yang mana hasilnya untuk citra radiografi yang dihasilkan optimal dengan dosis radiasi 0,3 mGy. Kondisi pada saat pengukuran paparan pada saat pasien dilakukan pemeriksaan radiografi dada (Gambar 4). Pengukuran dilakukan pada beberapa titik (Gambar 5) disekitar daerah pengendalian dan supervisi. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2. Selain itu, juga dilakukan pengukuran kebocoran tabung sinar-X dengan hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 1.** Pengukuran paparan radiasi pada daerah pengendalian dan supervisi

Kapasitas pesawat	: 100 mA
kV	: 67,79
mAs	: 11,17
Jarak <i>tube</i> ke kaset	: 180 cm
Ukuran kaset	: 43 x 35 cm <sup>2</sup>
Beban kerja	: 83,77 mA.min/minggu

No	Daerah	Faktor U	Faktor T	Pengukuran (mR)	mR/minggu	Batas (mR/minggu)	Daerah
1	Area 1***	T	0,025	171	22,38	2	Supervisi
2	Area 2*	1	1	0,25	5,23	100	Pengendalian
3	Area 3**	1	1	0,35	7,32	100	Pengendalian
4	Area 4***	1	0,025	66,25	8,67	2	Supervisi

\**mobile shielding* dengan jarak 0,3 cm,

\*\**double mobile shielding* dengan jarak 0,3 cm,

\*\*\* ketebalan tembok 11 cm dengan perhitungan *invers square law* pada jarak 2 m

**Tabel 2.** Pengukuran paparan radiasi instalasi radiologi

Titik	Daerah	Pengukuran (mR/jam)
1	0,3 m sebelah kanan pasien	156
2	0,3 m sebelah kiri pasien	186
3	1 m dari tabung (arah katoda)	63,55
4	1 m dari belakang tabung	2,75
5	1 m dari tabung (arah anoda)	66,25
6	2 m dari belakang tabung	1,75
7	Pintu masuk ruangan	20,95
8*	0,3 m dari <i>shielding</i>	0,25
9**	0,3 m dari <i>shielding</i> (area eksposi radiografer)	0,35
10**	1 m dari <i>shielding</i> (area eksposi radiografer)	0,95
11*	1 m dari <i>shielding</i>	0,35

\**mobile shielding*

\*\**double mobile shielding*

**Tabel 3.** Pengukuran kebocoran tabung

No	Daerah	Pengukuran (mR/jam)
1	1 m arah horizontal <i>bucky stand</i>	0,2
2	1 m dari tabung arah katoda	1,2
3	1 m dari tabung arah anoda	0,2
4	1 m dari belakang tabung	0,2



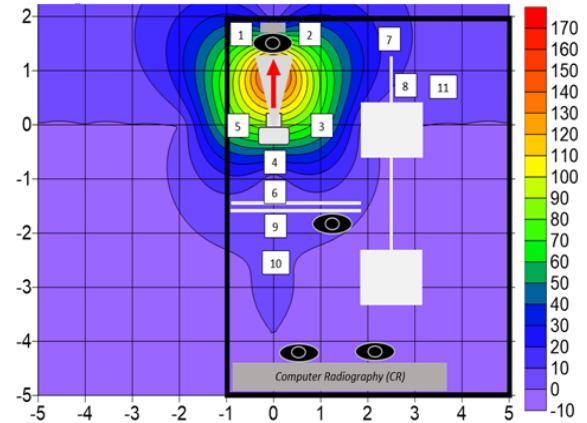
**Gambar 4.** Pengukuran paparan radiasi pada saat pemeriksaan radiografi dada

Dari hasil pengukuran, paparan radiasi pada daerah pekerja radiasi melakukan eksposi sebesar pada jarak 0,3 m dari posisi *mobile shielding* sebesar 0,35 mR/jam. Tujuan dilakukan pengukuran adalah dapat estimasi paparan radiasi yang berada di daerah sekitar ruangan,. Kegiatan pengukuran akan tetap dilakukan seminggu sekali mengingat pasien COVID-19 yang mengalami peningkatan setiap harinya. Walaupun hasil pengukuran masih dalam batas aman para pekerja tetap selalu berhati-hati, instalasi radiologi menyediakan apron dan *Thermo Luminescence Dosimeter* (TLD) yang digunakan pada saat bekerja. Selain itu, dilakukan pengukuran kebocoran tabung pesawat. Hal ini dilakukan agar memastikan bahwa tabung pesawat dalam kondisi yang baik dan dapat digunakan untuk pemeriksaan radiografi selain itu juga memastikan bahwa pekerja aman dari bahaya radiasi hambur akibat kebocoran tabung pesawat.

**PEMBAHASAN**

Upaya proteksi dan keselamatan radiasi di instalasi radiologi khususnya dalam masa pandemi penanganan COVID-19 menjadi bagian penting, dimana ruangan pemeriksaan radiologi yang disiapkan dengan waktu yang sangat singkat oleh RSD Penanganan COVID-19 Wisma Atlet Jakarta sehingga diperlukan peninjauan secara terus menerus perkembangan ruangan dan perisai radiasi yang digunakan agar pekerja aman dari kemungkinan menerima paparan radiasi yang berlebihan.

Paparan radiasi didalam instalasi radiologi dibagi menjadi 2 yakni paparan primer dan paparan sekunder, dimana kedua paparan ini digunakan sebagai parameter penentuan perisai di ruangan radiologi. Radiasi primer merupakan berkas sinar-X yang keluar dari tabung sinar-X, radiasi primer akan langsung diserap oleh pasien, kaset dan tembok. Sedangkan radiasi sekunder merupakan radiasi yang tersebar setelah berinteraksi dengan pasien, material ataupun kebocoran dari tabung sinar-X, dalam perencanaan perisai radiasi, penentuan radiasi primer dan sekunder tata letak yang baik dari



**Gambar 5.** Titik pengukuran paparan radiasi

instalasi radiologi dengan mempertimbangkan ukuran ruangan yang sesuai dapat meningkatkan keamanan pekerjaan dari bahaya radiasi.

Kondisi ruangan instalasi radiologi menggunakan *mobile shielding* yang berjumlah 6, dengan beban kerja sebesar 525 pasien/minggu. Pada bagian belakang *bucky stand*, pelemahan radiasi menggunakan tembok beton dengan ketebalan 11 cm sebagai perisai radiasi primer. Selain itu, *mobile shielding* yang berada tegak lurus dengan *bucky stand* dan tembok beton digunakan sebagai perisai radiasi sekunder/hamburan. Pemeriksaan radiografi dilakukan dengan berkas radiasi sinar-X horizontal tegak lurus ke arah *bucky stand* dan tembok dengan jarak 200 cm.

Ruangan yang berada pada area 1 dan 4 merupakan ruangan kosong dan tidak ada aktivitas, sehingga untuk faktor *occupancy* T=1. Oleh karena ,merupakan daerah pengendalian maka untuk P/T 0,2 mGy/minggu. Sedangkan, untuk daerah supervisi P/T 0,01 maka jarak radiasi primer tabung sinar-X ke ruangan dibelakang *bucky stand* dP = 2 m, dengan faktor *use* U=1, dengan jumlah pasien 700 pasien/ minggu. Asumsi radiasi primer 1.2 mGy pasien-1 dan radiasi sekunder 2.7 x 10<sup>-3</sup> mGy pasien-1 (Tenforde et al., 2004). Hasil estimasi perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4 yakni estimasi ukuran ketebalan perisai berdasarkan persamaan 1 dan 2, dari hasil perhitungan ketebalan perisai yang dibutuhkan untuk mengurangi radiasi primer yaitu 2 mmPb, sedangkan untuk radiasi sekunder 1,34 mmPb. Untuk ukuran perisai, Perka BAPETEN No 8 Tahun 2011 memberikan rekomendasi pada ukuran perisai yang optimal yaitu 2 mmPb. Oleh karena itu, disesuaikan berdasarkan rekomendasi BAPETEN (BAPETEN, 2011) (Lubis et al., 2020).

**Tabel 4.** Estimasi perhitungan ketebalan perisai ruangan radiologi

No	Asumsi jenis radiasi	Ukuran ketebalan perisai (mmPb)
1	Radiasi primer	1.89
2	Radiasi sekunder	1.01



Ruangan pemeriksaan radiografi berukuran 4,8 m x 4,2 m x 3 m dengan kata lain kondisi untuk ruangan radiografi ditinjau dari PERKA BAPETEN No 8 Tahun 2011 sudah memenuhi standar, akan tetapi masih ada potensi paparan melebihi nilai yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, butuh pemahaman dari hasil pengukuran paparan radiasi yang telah dilakukan kemudian dikonversi kedalam beban kerja. Dibutuhkan kerja sama antara fisikawan medik dan radiografer untuk selalu menuliskan *log book* pemeriksaan radiografi harian agar mempermudah dalam menghitung beban kerja paparan radiasi pada area eksposi radiografer dan *Computer Radiography* (CR), karena merupakan daerah pengendalian sehingga selalu dilakukan pemantauan oleh fisikawan medik dan radiografer. Selain itu, ruangan instalasi radiologi juga diberikan tanda peringatan tentang bahaya radiasi ditunjukkan pada Gambar 6. Serta untuk memastikan paparan yang diterima oleh para pekerja radiasi maka instalasi radiologi menyediakan TLD yang akan dikenakan selama bekerja dan bersifat akumulatif.



**Gambar 6.** Peringatan bahaya radiasi di pintu masuk Instalasi Radiologi

Desain instalasi radiologi sudah optimal dengan mempertimbangkan tata letak ruangan yang berada disekitar dan beban kerja para pekerja radiasi. Dari desain area eksposi radiografer diberikan *double shielding* (Gambar 7). Hal ini dilakukan karena pertimbangan bahwa jumlah pasien yang meningkat setiap harinya. Selain itu, jarak dari area eksposi radiografer dengan tabung sinar-X berada pada jarak lebih dari 2 m hal ini dilakukan agar paparan radiasi mengalami pengurangan, dengan hasil pengukuran pada belakang tabung paparan yang diterima 0,25 mR/jam pada jarak 0,3 m dari *mobile shielding* dan 0,35 mR/jam pada jarak 0,3 m dari *mobile shielding*. Sehingga, pekerja radiasi masih dalam keadaan aman, pengukuran paparan akan selalu di tinjau sesuai dengan beban kerja dan tata letak ruangan pemeriksaan radiografi.

Pekerja radiasi mengedepankan prinsip proteksi radiasi, jarak, waktu dan *shielding*. Jarak, untuk pasien pemilihan FFD disesuaikan seoptimal mungkin dengan pertimbangan prosedur pemeriksaan

radiografi dan faktor ekposi yang digunakan. Sedangkan untuk pekerja radiasi mempertimbangkan jarak yang aman dari tabung ke posisi pekerja radiasi, karena jumlah paparan radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Oleh karena itu, dengan mengupayakan jarak menjadi 2x dari jarak mula-mula maka dapat mengurangi paparan radiasi tidak menjadi  $\frac{1}{2}$  tetapi menjadi  $\frac{1}{4}$  (Kim, 2018). Waktu, hal ini berhubungan dengan penggunaan parameter faktor ekposi kepada pasien. Parameter harus di upayakan seoptimal mungkin, sebelum melakukan pemilihan parameter faktor ekposi kepada pasien, pekerja radiasi sebaiknya mempertimbangkan jarak FFD yang digunakan, ketebalan pasien, dan menggunakan faktor ekposi yang direkomendasikan oleh pesawat sinar-X tersebut. Selain itu, waktu juga berhubungan dengan beban kerja karena bagi pekerja radiasi di dalam instalasi radiologi pada masa pandemi seperti ini bukan hanya COVID-19 tetapi potensi bahaya radiasi juga perlu diperhatikan sehingga peran pengaturan shift pekerja radiasi juga menjadi pertimbangan agar mengurangi paparan kepada pekerja radiasi. *Shielding*, perlunya kesadaran para pekerja radiasi. Instalasi radiologi menyediakan *mobile shielding* dan apron untuk mengurangi potensi menerima paparan radiasi. *Mobile shielding* berjumlah 6 buah dan 2 apron sehingga para pekerja dapat mengupayakan proteksi dan keselamatan radiasi pada saat pemeriksaan radiografi dilakukan ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Area eksposi radiografer

## KESIMPULAN

Hasil pengukuran pada area 1 = 22.38 mR/minggu, area 2 = 5,23 mR/minggu, area 3 = 7.32 mR/minggu, area 4 = 8.67 mR/minggu, sehingga paparan yang diterima masih dalam batas aman pada daerah pengendalian. Sedangkan pada daerah supervisi akan terus dipantau agar memastikan bahwa tidak ada aktivitas. Dalam upaya proteksi dan keselamatan radiasi terhadap pekerja dan masyarakat maka selalu mengedepankan prinsip proteksi radiasi jarak, waktu dan *shielding*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua radiografer Rumah Sakit Darurat Wisma Atlet Jakarta dan pihak yang telah berkontribusi terhadap penelitian ini. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak yang terkait dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alvin, M.D., George, E., Deng, F., Warhadpande, S., Lee, S.I., 2020. The Impact of COVID-19 on Radiology Trainees. *Radiology* 296, 246–248.
- BAPETEN, 2011. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.
- Biggs, P.J., 2001. Radiation Shielding for Megavoltage Therapy Machines in the Post - NCRP 49 Era, AAPM Refresher Course. Boston.
- Bushberg, J.T., Seibert, J.A., Leidholdt, E.M., Boone, J.M., 2002. *The Essential Physics of Medical Imaging*, Second Edi. ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Cha, M.J., Chung, M.J., Kim, K., Lee, K.S., Kim, T.J., Kim, T.S., 2018. Clinical Implication of Radiographic Scores in Acute Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus Pneumonia: Report from a single tertiary-referral center of South Korea. *Eur. J. Radiol.* 107, 196–202.
- Dauer, L.T., 2014. Fluoroscopy Safety Awareness: High Dose Operator Management. *Image Wisely* 1–3.
- Hanson, G.P., Palmer, P., 2013. Radiation Shielding for Clinics and Small Hospitals with a WHIS-RAD 2013. Rotary District 6440 and the Pan American Health Organization.
- Kim, J.H., 2018. Three principles for radiation safety: Time, distance, and shielding. *Korean J. Pain* 31, 145–146.
- Kimori, Y., 2020. A Morphological Image Processing Method to Improve The Visibility of Pulmonary Nodules on Chest Radiographic Images. *Biomed. Signal Process. Control* 57.
- Kramer, R., Khoury, H.J., Vieira, J.W., 2008. CALDose\_X-a Software Tool for The Assessment of Organ and Tissue Absorbed Doses, Effective Dose and Cancer Risks in Diagnostic Radiology. *Phys. Med. Biol.* 53, 6437–6459.
- Lubis, L.E., Nastiti, Y., Anam, C., Lestariningsih, I., Gani, M.R.A., Laksono, M.B., Fahmi, A., Simanjuntak, J., 2020. Rekomendasi AFISMI No. 1 Penggunaan Radiasi Pengion dalam Diagnosis dan Penanganan COVID-19: Kajian standar dan Literatur Ilmiah, Aliansi Fisikawan Medik Indonesia (AFISMI). Aliansi Fisikawan Medik Indonesia(AFISMI).
- Martin, C.J., 2015. Radiation Shielding for Diagnostic Radiology. *Radiat. Prot. Dosimetry* 165, 376–381.
- Mossa-Basha, M., Medverd, J., Linnau, K., Lynch, J.B., Wener, M.H., Kicska, G., Staiger, T., Sahani, D., 2020. Policies and Guidelines for COVID-19 Preparedness: Experiences from The University of Washington. *Radiology* 1–15.
- NHS, 2001. Facilities for Diagnostic Imaging and Interventional Radiology. NHS Estate, Norwich, pp. 1–261.
- Palmer, P.E.S., Hanson, G.P., Honeyman-Buck, J., 2007. *Diagnostic Imaging in The Community a Manual for Clinics and Small Hospital*. Electronic pre-publishing rights granted to Rotary District 6440 and the Pan American Health Organization by the authors.
- Rehani, M.M., Ciraj-Bjelac, O., Vaňó, E., Miller, D.L., Walsh, S., Giordano, B.D., J., P., 2010. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures Performed Outside The Imaging Department. In: Clement, C.H. (Ed.), *Annals of The ICRP*. pp. 1–102.
- Tenforde, T.S., Archer, B.R., Gray, J.E., Dixon, R.L., William R. Eide, J., Hubbard, L.B., 2004. *Structural Shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities*, NCRP Report.
- Veldkamp, W.J.H., Kroft, L.J.M., Geleijns, J., 2009. Dose and Perceived Image Quality in Chest Radiography. *Eur. J. Radiol.* 72, 209–217.