

## **ANALISA TINGKAT KONTAMINASI DOSIS NUKLIR DAN LAJU PAPARAN RADIASI PADA INSTALASI KEDOKTERAN NUKLIR**

**Rafli Filano, Eko Hidayanto dan Zaenal Arifin**

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*E-mail : rafli.filano@gmail.com*

### **ABSTRACT**

The research has been analyzed the level of nuclear contamination and radiation exposure rate at installation of nuclear medicine with efforts a radiation protection is the prevention or decrease the number of entry of radioactive material into the human body. The method used to conduct measurement a count of contamination of surface work area resulting from the use of radioactive substances and carried out at a distance of 0.5 cm between the detector window with contaminated areas, while measuring the radiation exposure rate in each of center room at height of 1 meter from the surface of the floor in various rooms installation of nuclear medicine. The results of measurement obtained levels of contamination nuclear dose in various rooms installation of nuclear medicine is from 0,16 to 243 Bq/cm<sup>2</sup> were classified as low to high levels of contamination. While the results of measurements of the radiation exposure rate is from 0,026 to 1,693 μSv/h, which is classified as below the allowable dose value level, so it is still safe for radiation workers and other patients.

**Keywords:** *Radiation Protection, Radioactive, Contamination, Radiation Exposure Rate, Nuclear Medicine*

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini telah di analisis tingkat kontaminasi dosis nuklir dan laju paparan radiasi pada instalasi kedokteran nuklir dengan upaya proteksi radiasi yaitu pencegahan atau memperkecil jumlah pemasukan bahan radioaktif ke dalam tubuh manusia. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran cacahan kontaminasi permukaan daerah kerja yang diakibatkan karena penggunaan zat radioaktif dan dilakukan pada jarak 0,5 cm antara jendela detektor dengan daerah yang terkontaminasi, serta melakukan pengukuran laju paparan radiasi di setiap pertengahan ruangan pada ketinggian 1 meter dari permukaan lantai di berbagai ruangan instalasi kedokteran nuklir. Hasil pengukuran diperoleh tingkat kontaminasi dosis nuklir di berbagai ruangan Instalasi Kedokteran Nuklir yaitu 0,16 – 243 Bq/cm<sup>2</sup> yang tergolong tingkat kontaminasi rendah hingga tinggi. Sedangkan hasil pengukuran laju paparan radiasi yaitu 0,026 – 1,693 μSv/jam, yang tergolong masih dibawah nilai batas dosis yang diijinkan, sehingga masih aman bagi pekerja radiasi dan pasien lainnya.*

**Kata Kunci:** *Proteksi Radiasi, Radioaktif, Kontaminasi, Laju Paparan Radiasi, Kedokteran Nuklir*

### **PENDAHULUAN**

Di dalam ilmu kedokteran dikenal cabang kedokteran nuklir, yaitu ilmu kedokteran yang dalam kegiatannya menggunakan penerapan material radioaktif terbuka (*unsealed*), baik untuk diagnosa maupun dalam pengobatan penyakit atau dalam penelitian kedokteran [1]. Dalam kedokteran nuklir, diagnosa dan terapi dilaksanakan berdasarkan pada pemanfaatan emisi radioaktif dari radionuklida tertentu. Energi radiasi yang dipancarkan oleh suatu sumber radiasi, dapat

menyebabkan perubahan fisis, kimia dan biologi pada materi yang dilaluinya. Sehingga akhir-akhir ini kedokteran nuklir berkembang pesat dan sangat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat dan sejalan perkembangan bioteknologi serta perkembangan instrumentasi nuklir dan produksi radioisotop berumur pendek yang lebih menguntungkan dari segi proteksi radiasi.

Program proteksi radiasi bertujuan untuk melindungi para pekerja radiasi serta masyarakat umum dari bahaya radiasi yang ditimbulkan akibat penggunaan zat

radioaktif serta mencegah terjadinya efek deterministik yang membahayakan dan mengurangi terjadinya efek stokastik serendah mungkin. Sesuai dengan tiga prinsip dasar proteksi radiasi yang direkomendasikan oleh *International Commission Radiological Protection (ICRP)* untuk dipatuhi yaitu Justifikasi, Optimasi dan Limitasi [2]. Pekerja dan pasien harus terlindung dari bahaya radiasi. Setiap fasilitas harus didesain untuk meminimalkan timbulnya bahaya radiasi eksternal, dan bahaya radiasi internal akibat masuknya radiofarmaka melalui saluran pencernaan maupun pernafasan, terutama untuk radiofarmaka yang mudah menguap. Selama penyiapan Radiofarmaka harus dicegah timbulnya kontaminasi yang tidak diinginkan. Kontaminasi tersebut dapat berupa kontaminasi bahan kimia, radionuklida, partikulat, dan mikrobiologi [3]. Proteksi terhadap sumber internal berkaitan dengan upaya pencegahan atau memperkecil jumlah pemasukan bahan radioaktif kedalam tubuh manusia. Kriteria dari pengendalian bahaya radiasi internal ini adalah membatasi jumlah penerimaan dosis radiasi oleh organ tubuh yang dipandang vital bagi kelanjutan hidup manusia hingga pada batas serendah mungkin dan dipandang aman dari sudut kesehatan [4].

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Muji Wiyono (2006) yaitu pengukuran kontaminasi permukaan dan laju paparan radiasi di RSUD. Dr. Soetomo Surabaya [5]. Untuk mengetahui kadar tingkat kontaminasi dan laju paparan radiasi internal dan radiasi eksternal pada instalasi kedokteran nuklir, dapat di ukur secara langsung menggunakan alat ukur monitor kontaminasi dan *surveymeter* agar pencegahan bahaya radiasi dapat terkendali.

## DASAR TEORI

Ilmu kedokteran nuklir adalah cabang ilmu kedokteran yang dalam kegiatannya menggunakan penerapan material radioaktif terbuka (*unsealed*), baik untuk diagnosis maupun dalam pengobatan penyakit atau dalam

penelitian kedokteran. Pada kedokteran nuklir, radioisotop dapat dimasukkan kedalam tubuh pasien (studi *in-vivo*) maupun hanya direaksikan saja dengan bahan biologis antara lain darah, cairan lambung, urine dan sebagainya, yang diambil dari tubuh pasien dan dimasukan kedalam gelas percobaan (studi *in-vitro*).

Tata ruang instalasi kedokteran nuklir harus memungkinkan alur kerja yang baik dan menghindari pengangkutan zat radioaktif yang tidak semestinya ke dalam instalasi kedokteran nuklir. Perhatian utama harus diberikan pada lokasi instalasi kedokteran nuklir terkait dengan fasilitas lain di sekitarnya. Dalam hal penggunaan ruangan di sekitar instalasi kedokteran nuklir, tingkat radioaktivitas yang tinggi merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan, contohnya ruang kamera gamma, daerah ruang tunggu pasien, dan kantor. Penting pula untuk mempertimbangkan apakah terdapat daerah kerja di atas atau di bawah Instalasi kedokteran nuklir, dengan tujuan untuk menghindari paparan radiasi yang tidak perlu terhadap orang yang bekerja di daerah tersebut. Dalam keadaan apapun, akses ke dalam ruang radiofarmaka harus dibatasi. Untuk pertimbangan keamanan, instalasi kedokteran nuklir harus dapat dikunci. Keseluruhan permukaan dari ruang radiofarmaka, yaitu dinding, lantai, bangku, meja, kursi, harus dibuat licin, dengan bahan yang kedap dan tidak mudah menyerap cairan, sehingga mudah untuk dibersihkan dan mudah didekontaminasi. Permukaan lantai dan bangku harus menyatu dan melekat pada dinding untuk menghindari akumulasi kotoran atau kontaminasi [6].

Dalam pemanfaatan sumber radiasi pengion yaitu isotop I-131 dan Tc-99m adalah sumber radiasi terbuka yang merupakan sumber bukan sumber terbungkus dan dalam kondisi normal menyebabkan kontaminasi dan mempunyai potensi bahaya radiasi eksterna dan interna. Bahaya eksterna terjadi apabila paparan radiasi mengenai pekerja radiasi secara langsung, sedangkan bahaya interna terjadi

apabila isotop tersebut masuk kedalam tubuh dan memberikan paparan radiasi dari dalam tubuh dan proses ionisasi secara terus menerus. Maka dari itu, pekerja sendiri harus mengenakan pakaian kerja yang sesuai untuk bekerja dengan zat radioaktif sumber terbuka yaitu sarung tangan karet, jas laboratorium sewaktu melakukan preparasi dan penyuntikan radioaktif [7]. Kontaminasi dari sumber terbuka dibedakan antara kontaminasi permukaan (cair, padat) dan kontaminasi ruangan (udara) yang terjadi akibat kontaminan menguap terutama I-131 yang bersifat *volatile* (mudah menguap). Sumber terbuka (radionuklida) tersebut masuk kedalam tubuh melalui *inhalasi* atau pernafasan (melalui *aerosol* dan gas), *ingesti* (melalui pori-pori kulit) atau *oral* (mulut) [8].

Beberapa contoh pengukuran tingkat kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi yaitu:

a. Pengukuran tingkat kontaminasi

$$K_s = (K_a - K_{Bg})Fk \quad (1)$$

$K_s$  = Nilai kontaminasi sebenarnya (Bq/cm<sup>2</sup>)  
 $K_a$  = Nilai kontaminasi yang terbaca dalam alat ukur (cpm, cps atau Bq)  
 $K_{Bg}$  = Nilai kontaminasi latar yang terbaca dalam alat ukur (cpm, cps atau Bq)  
 $Fk$  = Faktor kalibrasi alat ukur

Pembagian daerah kerja berdasarkan tingkat kontaminasi yaitu:

1) Daerah kontaminasi rendah

Daerah kerja dengan tingkat kontaminasi yang besarnya lebih kecil dari 0,37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-5</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) untuk pemancar (alpha) dan lebih kecil dari 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) untuk pemancar (beta).

2) Daerah kontaminasi sedang

Daerah kerja dengan tingkat kontaminasi radioaktif 0,37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-5</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) < TK < 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) untuk pemancar (alpha) dan 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) < TK < 37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-3</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) untuk pemancar (beta).

3) Daerah kontaminasi tinggi

Daerah kerja dengan tingkat kontaminasi radioaktif yaitu > 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) untuk pemancar (alpha) dan > 37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-3</sup> μCi/cm<sup>2</sup>) untuk pemancar (beta) [6].

b. Laju paparan Radiasi

$$X_g = (X_a - X_{Bg})Fk \quad (2)$$

$X_g$  = Laju paparan radiasi sebenarnya di tempat yang di ukur (μSv/jam)  
 $X_a$  = Bacaan Laju paparan dari alat ukur(μSv/jam)  
 $X_{Bg}$  = Bacaan laju paparan latar (μSv/jam)  
 $Fk$  = Faktor kalibrasi alat ukur

Pembagian daerah kerja berdasarkan dengan laju paparan dosis yaitu:

1) Daerah dengan laju paparan dosis kurang dari 10 μSv/jam

Daerah kerja dengan laju dosis kurang dari 10 μSv/jam tidak memerlukan tindakan pencegahan khusus terhadap radiasi eksternal. Bila seorang bekerja dalam daerah ini, maka dalam setahun (2000 jam) dosis radiasi yang diterima rata-rata sebesar 20 mSv dan dalam periode 5 tahun dosis yang terakumulasi tidak boleh melebihi 100 mSv.

2) Daerah Dengan laju paparan dosis lebih besar dari 10 μSv/jam.

Semua daerah kerja dengan laju dosis melebihi 10 μSv/jam harus diberi tanda radiasi. Bidang keselamatan bertanggung jawab memantau secara rutin dan memperbaharainya apabila ada perubahan. Adanya perubahan kondisi yang diperkirakan akan mengubah laju paparan di daerah kerja perlu menjadi perhatian bidang keselamatan kerja. Pekerja radiasi yang bekerja di daerah radiasi tinggi selain menggunakan *badge* TLD juga menggunakan dosimeter saku. Bidang Keselamatan memberikan pegasarahan dan petunjuk mengenai penggunaan dosimeter saku [6].

## METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Pesawat *PET-CT*, Pesawat *SPECT*, Alat monitor kontaminasi *Canberra-Radiagem* 2000, Alat *survey meter Inspector Radiation*

Alert 20553. Radiofarmaka (FDG-18, I-131, Tc-99m).

### B. Tahapan Pengambilan Data

Untuk lebih detailnya, pengukuran tingkat kontaminasi dosis nuklir dan laju paparan radiasi dilakukan setiap hari di akhir jam operasional kerja instalasi kedokteran nuklir. Pengukuran tingkat kontaminasi menggunakan alat monitor kontaminasi *Canberra-Radiagem 2000*, sebelumnya dilakukan cacah latar belakang kemudian dilanjutkan pengukuran kontaminasi yang terbaca pada alat ukur. Pengukuran ini dilakukan pada jarak 0,5 cm antara jendela detektor dengan daerah permukaan yang terkontaminasi. Sedangkan pengukuran laju paparan radiasi menggunakan alat *survey meter Inspector Radiation Alert 20553*, sebelumnya dilakukan cacah latar belakang ruangan kemudian dilanjutkan pengukuran laju paparan radiasi yang terbaca pada alat ukur. Pengukuran ini dilakukan di setiap pertengahan ruangan yang di ukur dengan ketinggian 1 meter dari permukaan lantai ruangan.

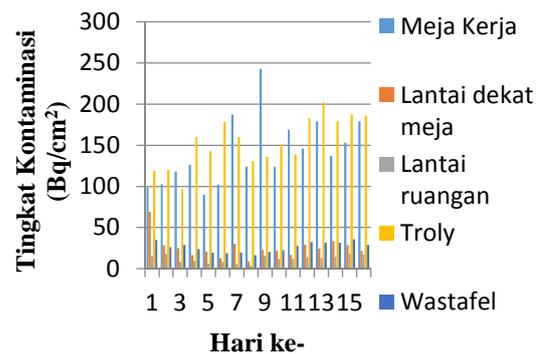
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengukuran Tingkat Kontaminasi dan Laju Paparan Radiasi Nuklir

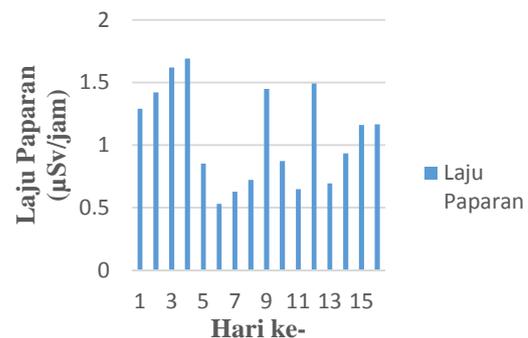
Telah dilakukan pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir secara berkala selama satu bulan di bulan Mei 2014 di berbagai permukaan dan ruangan instalasi kedokteran nuklir *MRCCC Siloam Hospital Semanggi, Jakarta* seperti *Hot lab room*, Ruang tunggu Pasien, Ruang penyuntikan radiofarmaka, *Toilet/WC* pasien, Ruang pemeriksaan *PET-CT* dan *SPECT* serta *Control room*. Di beberapa ruangan diukur tingkat dosis kontaminasi permukaan seperti dipermukaan meja kerja, lantai ruangan, meja pemeriksaan, *wastafel*, dll. Pengukuran tingkat kontaminasi dosis nuklir ini dilakukan menggunakan detektor *Canberra-Radiagem 2000* pada jarak 0,5 cm antara jendela detektor dengan daerah yang terkontaminasi (daerah yang diukur). Sedangkan pengukuran laju

paparan radiasi dilakukan menggunakan *Inspector Radiation Alert 20553* di setiap pertengahan ruangan pada ketinggian 1 meter dari permukaan lantai di berbagai ruangan di instalasi kedokteran nuklir *MRCCC Siloam Hospitals, Jakarta*.

#### 1. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di *Hot lab room*.



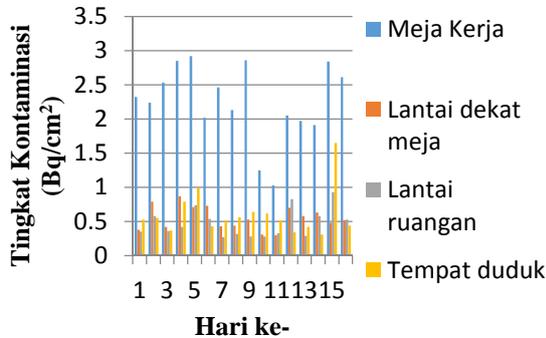
**Gambar 1.** Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di *Hot lab room*



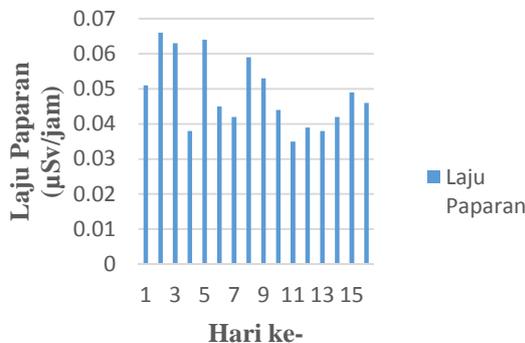
**Gambar 2.** Grafik pengukuran laju paparan radiasi di *Hot lab room*

Dalam gambar 1, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di *Hot lab room* ini tergolong tingkat kontaminasi sedang hingga tinggi dengan nilai bacaan  $3,62 < \text{Tingkat Kontaminasi} < 243 \text{ Bq/cm}^2$  dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan  $243 \text{ Bq/cm}^2$  berada di meja kerja di hari kesembilan. Dalam gambar 2, terlihat bahwa laju paparan radiasi di *Hot lab room* ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan  $0,531\text{--}1,693 \mu\text{Sv/jam}$  dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan  $1,693 \mu\text{Sv/jam}$  berada dihari keempat.

2. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang penyuntikan 1.



Gambar 3. Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 1

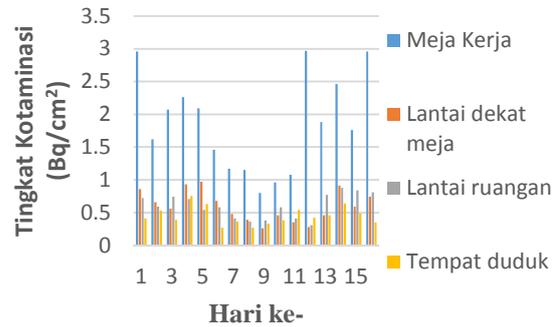


Gambar 4. Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 1

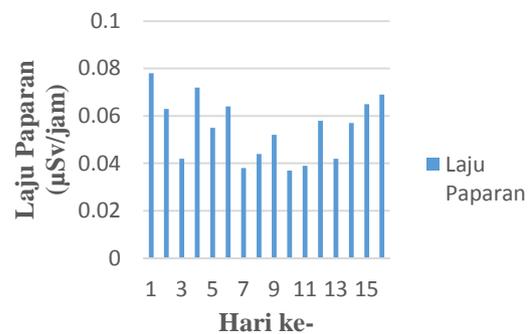
Dalam gambar 3, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 1 ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,27-2,92 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 2,92 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja kerja di hari kelima.

Dalam gambar 4, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 1 ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,035-0,066 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,066 µSv/jam berada di hari kedua.

3. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang penyuntikan 2.



Gambar 5. Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 2

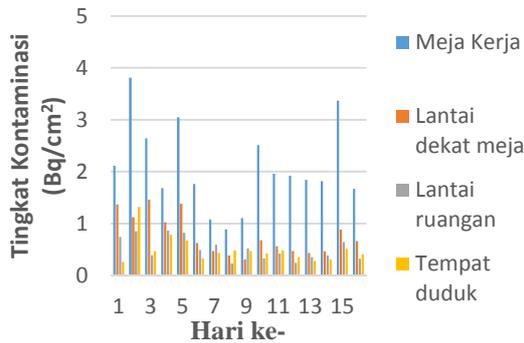


Gambar 6. Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 2

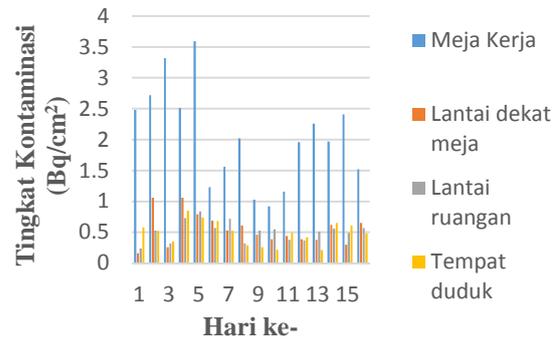
Dalam gambar 5, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 2 ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,26-2,97 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 2,97 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja kerja di hari kedua belas.

Dalam gambar 6, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 2 ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,037-0,078 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,078 µSv/jam berada di hari pertama.

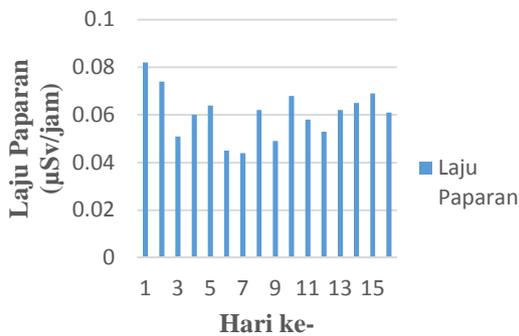
4. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang penyuntikan 3.



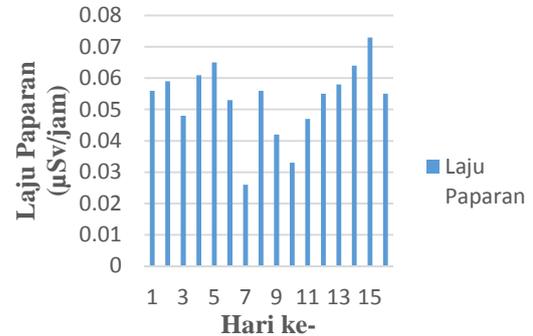
**Gambar 7.** Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 3



**Gambar 9.** Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 4



**Gambar 8.** Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 3



**Gambar 10.** Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 4

Dalam gambar 7, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 3 ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,23-3,81 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 3,81 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja kerja di hari kedua.

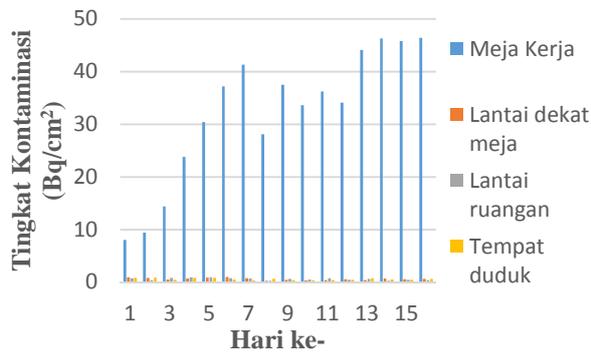
Dalam gambar 8, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 3 ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,044-0,082 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,082 µSv/jam berada di hari pertama.

Dalam gambar 9, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 4 ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,16-3,59 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 3,59 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja kerja di hari kelima.

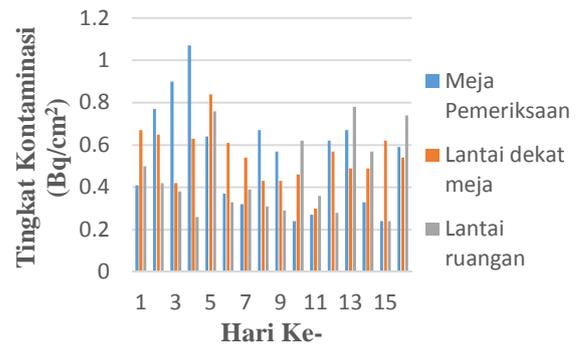
Dalam gambar 10, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 4 ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,026-0,073 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,073 µSv/jam berada di hari kelima belas.

5. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang penyuntikan 4.

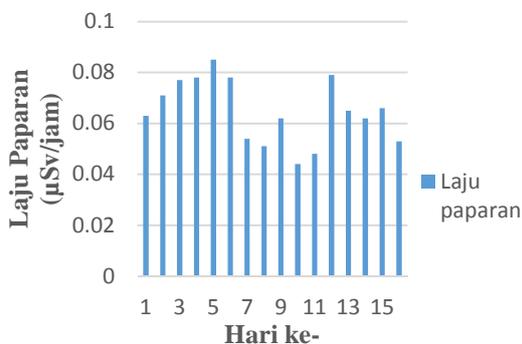
6. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang penyuntikan 5.



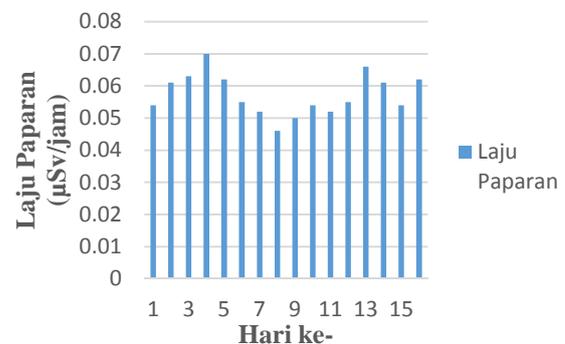
**Gambar 11.** Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 5



**Gambar 13.** Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang PET-CT



**Gambar 12.** Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 5



**Gambar 14.** Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang PET-CT

Dalam gambar 11, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang penyuntikan 5 ini tergolong tingkat kontaminasi rendah hingga tinggi dengan nilai bacaan 0,27-46,4 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 46,4 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja kerja di hari keenam belas.

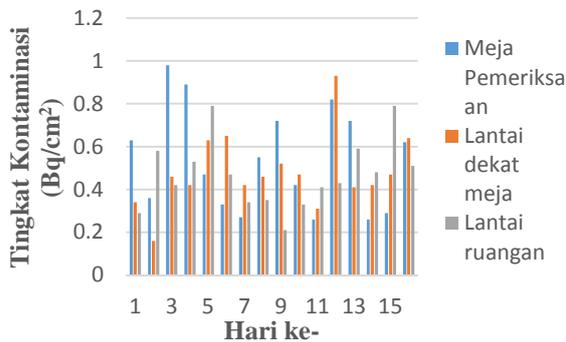
Dalam gambar 12, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang penyuntikan 5 ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,044-0,085 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,085 µSv/jam berada di hari kelima.

Dalam gambar 13, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang PET-CT ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,24-1,07 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 1,07 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja pemeriksaan di hari keempat.

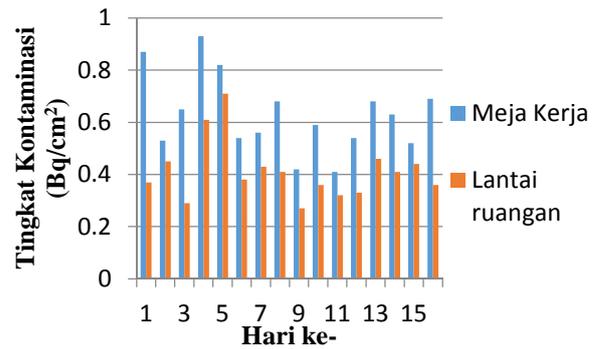
Dalam gambar 14, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang PET-CT ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,049-0,07 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,07 µSv/jam berada di hari keempat.

7. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang PET-CT.

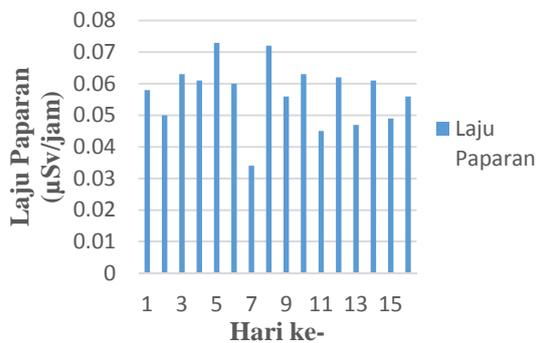
8. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang SPECT.



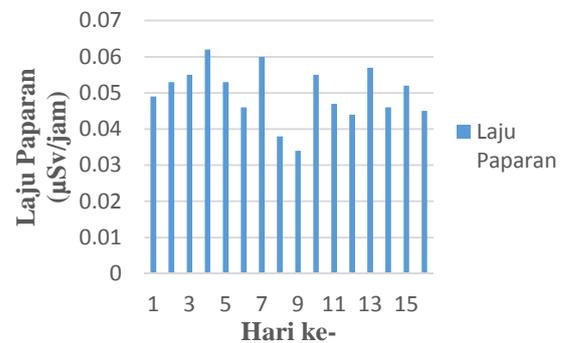
Gambar 15. Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang SPECT



Gambar 17. Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang operator



Gambar 16. Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang SPECT



Gambar 18. Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang operator

Dalam gambar 15, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang SPECT ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,16-0,98 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 0,98 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja pemeriksaan di hari ketiga.

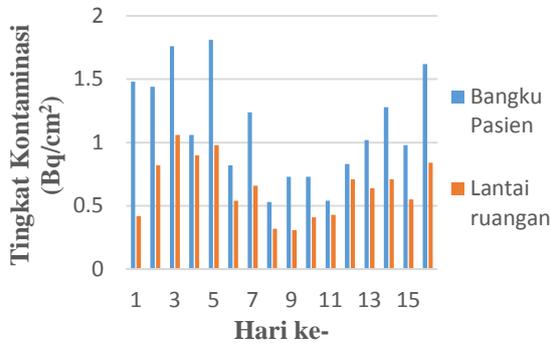
Dalam gambar 16, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang SPECT ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,034-0,073 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,073 µSv/jam berada di hari kelima.

Dalam gambar 17, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang operator ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,27-0,93 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 0,93 Bq/cm<sup>2</sup> berada di meja kerja di hari ketiga.

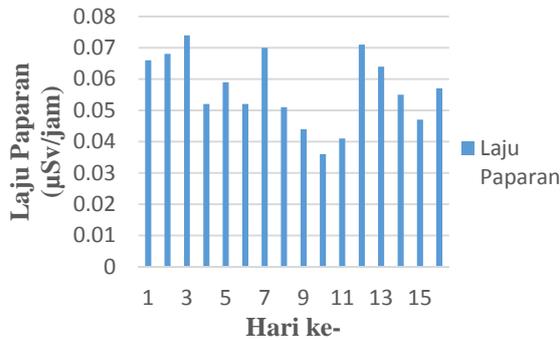
Dalam gambar 18, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang operator ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,034-0,062 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,062 µSv/jam berada di hari keempat.

9. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang operator.

10. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang tunggu pasien.



**Gambar 19.** Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang tunggu pasien

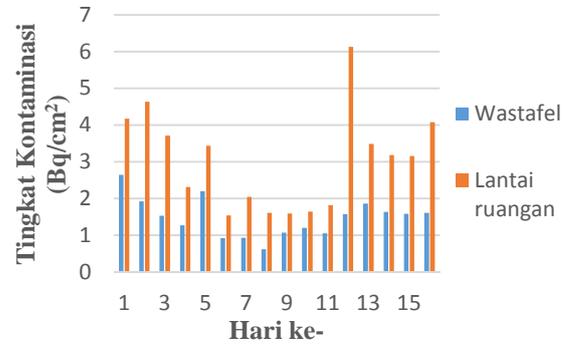


**Gambar 20.** Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang tunggu pasien

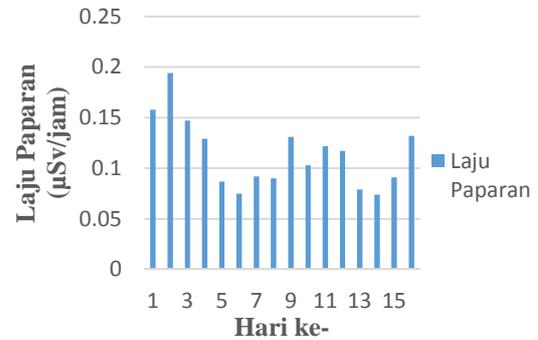
Dalam gambar 19, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang tunggu pasien ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,31-1,81 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 1,81 Bq/cm<sup>2</sup> berada di bangku pasien di hari kelima.

Dalam gambar 20, terlihat bahwa laju paparan radiasi di tunggu pasien ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,041-0,074 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,074 µSv/jam berada di hari ketiga.

11. Hasil pengukuran kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir di ruang Toilet/WC pasien.



**Gambar 21.** Grafik pengukuran tingkat kontaminasi di ruang Toilet/WC pasien.



**Gambar 22.** Grafik pengukuran laju paparan radiasi di ruang Toilet/WC pasien.

Dalam gambar 21, terlihat bahwa tingkat kontaminasi di ruang Toilet/WC pasien ini tergolong tingkat kontaminasi rendah dengan nilai bacaan 0,62-6,13 Bq/cm<sup>2</sup> dimana tingkat kontaminasi tertinggi dengan bacaan 6,13 Bq/cm<sup>2</sup> berada di lantai ruangan Toilet/WC pasien di hari kedua belas.

Dalam gambar 22, terlihat bahwa laju paparan radiasi di ruang Toilet/WC pasien ini tergolong tingkat rendah dengan nilai bacaan 0,074-0,194 µSv/jam dimana laju paparan radiasi tertinggi dengan nilai bacaan 0,194 µSv/jam berada di hari kedua.

*B. Analisa Pengukuran Tingkat Kontaminasi Dosis dan Laju Paparan Radiasi Nuklir*

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat kontaminasi dosis dan laju paparan radiasi nuklir pada instalasi kedokteran nuklir *MRCCC Siloam Hospitals*, Jakarta selama 1 bulan (16 hari jam kerja) didapatkan hasil bervariasi dari kategori tingkat kontaminasi rendah ( $<3,7$  Bq/cm<sup>2</sup>) hingga tinggi ( $>37$  Bq/cm<sup>2</sup>) yaitu 0,16-243 Bq/cm<sup>2</sup> dan laju paparan radiasi dengan kategori tingkat rendah (laju paparan dosis kurang dari 10  $\mu$ Sv/jam) yaitu 0,026-1693 10  $\mu$ Sv/jam.

Analisa yang didapatkan dari hasil pengukuran tingkat kontaminasi dosis nuklir di instalasi kedokteran nuklir *MRCCC Siloam Hospitals*, besarnya tingkat kontaminasi yaitu 0,16-243 Bq/cm<sup>2</sup> dengan kategori tingkat kontaminasi rendah ( $<3,7$  Bq/cm<sup>2</sup>) hingga tinggi ( $>37$  Bq/cm<sup>2</sup>), dengan bacaan *range* dan kategori tingkat kontaminasinya yaitu:

1. *Hot lab room* yaitu Meja kerja: 89,7-243 Bq/cm<sup>2</sup> (tinggi), Lantai dekat meja: 8,52-33,7 Bq/cm<sup>2</sup> (sedang), Lantai ruangan: 3,62-18,3 Bq/cm<sup>2</sup> (sedang), *Trolley*: 96,7-202 Bq/cm<sup>2</sup> (tinggi), dan *Wastafel*: 16,6-35,9 Bq/cm<sup>2</sup> (sedang).
2. Ruang penyuntikan 1 yaitu Meja kerja: 1,03-2,92 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), Lantai dekat meja: 0,3-0,87 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), lantai ruangan: 0,27-0,93 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan tempat duduk: 0,31-1,95 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).
3. Ruang penyuntikan 2 yaitu Meja kerja: 0,8-2,97 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), Lantai dekat meja: 0,26-0,97 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), lantai ruangan: 0,31-0,88 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan tempat duduk: 0,27-0,75 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).
4. Ruang penyuntikan 3 yaitu Meja kerja: 0,89-3,81 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), Lantai dekat meja: 0,31-1,46 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), lantai ruangan: 0,23-0,86 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan tempat duduk: 0,26-1,32 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).
5. Ruang penyuntikan 4 yaitu Meja kerja: 0,92-3,59 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), Lantai dekat meja: 0,16-1,06 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), lantai ruangan: 0,24-0,84 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan tempat duduk: 0,21-0,85 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).
6. Ruang penyuntikan 5 yaitu Meja kerja: 8,06-46,4 Bq/cm<sup>2</sup> (tinggi), Lantai dekat meja: 0,27-

0,98 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), lantai ruangan: 0,28-0,93 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan tempat duduk: 0,33-0,87 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).

7. Ruang *PET-CT* yaitu Meja Pemeriksaan: 0,24-1,07 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), Lantai dekat meja: 0,3-0,84 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan Lantai ruangan: 0,24-0,78 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).

8. Ruang *SPECT* yaitu Meja Pemeriksaan: 0,26-0,98 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), Lantai dekat meja: 0,16-0,93 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan Lantai ruangan: 0,21-0,79 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).

9. Ruang operator yaitu Meja kerja: 0,41-0,93 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan Lantai ruangan: 0,27-0,71 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).

10. Ruang tunggu pasien radiasi yaitu Bangku pasien: 0,53-1,81 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan Lantai ruangan: 0,31-1,06 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah).

11. Ruang *Toilet/WC pasien radiasi* yaitu *Wastafel*: 0,62-2,64 Bq/cm<sup>2</sup> (rendah), dan Lantai ruangan: 1,54-6,13 Bq/cm<sup>2</sup> (sedang).

Tingkat kontaminasi tertinggi hingga mencapai 243 Bq/cm<sup>2</sup> yaitu *Hot Lab Room*, berada di hari kesembilan yang mana di hari tersebut pemeriksaan pasien sedang banyak dan membutuhkan aktifitas radioaktif yang banyak. Dan permukaan yang mengalami kontaminasi paling tinggi ( $>37$  Bq/cm<sup>2</sup>) berada di meja kerja preparasi dan *trolley* yang biasa digunakan untuk membawa radiofarmaka menuju ruang penyuntikan, sedangkan permukaan kerja lainnya masih kategori tingkat kontaminasi rendah hingga tingkat kontaminasi sedang. Walaupun masih tergolong tingkat rendah bukan berarti tidak ada potensi terkontaminasi dan dimungkinkan potensi kontaminasi di tempat tersebut bisa masuk kedalam tubuh pekerja radiasi dan pasien lainnya. Oleh sebab itu perlu dilakukan dekontaminasi dan pembersihan bagian yang terkontaminasi tersebut dengan kain yang mudah menyerap dan dengan cairan pembersih kontaminasi nuklir (*Radiacwash*), agar tingkat kontaminasi bisa menurun hingga batasan tingkat kontaminasi rendah atau normal. Tingkat kontaminasi bisa disebabkan karena aktifitas penggunaan radiofarmaka setiap harinya berbeda-beda dan pengaruh peluruhan waktu

paruh radioaktif serta dimungkinkan juga adanya sedikit tumpahan cairan pada saat preparasi radiofarmaka, penyuntikan radiofarmaka, dan melekatnya zat radiofarmaka yang disebabkan oleh udara atau partikel debu radioaktif dan sisa metabolisme pasien yang sudah disuntikan radiofarmaka, sehingga mengakibatkan kontaminasi yang tinggi.

Analisa yang didapatkan dari hasil pengukuran laju paparan radiasi di instalasi kedokteran nuklir *MRCCC Siloam Hospitals*, dengan besarnya laju paparan radiasinya tergolong rendah yaitu 0,026 – 1,693  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . dengan bacaan *range* dan kategori laju paparan radiasinya yaitu:

1. *Hot lab room* yaitu 0,531-1,693  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
2. Ruang penyuntikan 1 yaitu 0,035-0,066  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
3. Ruang penyuntikan 2 yaitu 0,037-0,078  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
4. Ruang penyuntikan 3 yaitu 0,044-0,082  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
5. Ruang penyuntikan 4 yaitu 0,026-0,073  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
6. Ruang penyuntikan 5 yaitu 0,044-0,085  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
7. Ruang *PET-CT* yaitu 0,046-0,07  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
8. Ruang *SPECT* yaitu 0,03-0,073  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
9. Ruang operator yaitu 0,034-0,062  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
10. Ruang tunggu pasien radiasi yaitu 0,036-0,074  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).
11. Ruang *Toilet/WC pasien* radiasi yaitu 0,074-0,1,94  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (rendah).

Walaupun terdapat grafik meninggi di *hot lab room* sekitar 1,693  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  yang berada di hari keempat penelitian. Daerah kerja dengan laju dosis kurang dari 10  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  tidak memerlukan tindakan pencegahan khusus terhadap radiasi eksternal. Bila seorang bekerja dalam daerah ini, maka dalam setahun (2000 jam) dosis radiasi yang diterima rata-rata sebesar 20 mSv dan dalam periode 5 tahun dosis yang terakumulasi tidak boleh melebihi

100 mSv. Dan besarnya nilai laju paparan radiasi yang terukur ini masih termasuk laju dosis kurang dari 10  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , masih dibawah nilai batas dosis yang diijinkan sehingga masih aman bagi pekerja radiasi dan pasien lainnya dikarenakan dosis radiasi yang diterima rata-rata tidak melebihi 20 mSv per tahunnya.

## KESIMPULAN

A. Tingkat kontaminasi di beberapa permukaan di ruangan Instalasi Kedokteran Nuklir *MRCCC Siloam Hospitals* Semanggi, Jakarta bervariasi dari kategori tingkat kontaminasi dosis nuklir rendah ( $< 3,7 \text{ Bq}/\text{cm}^2$ ) hingga tinggi ( $> 37 \text{ Bq}/\text{cm}^2$ ) yaitu 0,16–243  $\text{Bq}/\text{cm}^2$ . Kontaminasi paling tinggi berada di permukaan meja kerja ruang *Hot Lab* yang mencapai 243  $\text{Bq}/\text{cm}^2$ , maka perlu dilakukan dekontaminasi dan pembersihan menggunakan cairan *radiacwash*. Kontaminasi bisa disebabkan karena kesalahan prosedur pada saat preparasi radiofarmaka, penyuntikan radiofarmaka dan melekatnya partikel atau debu zat radioaktif dan sisa metabolisme pasien yang sudah disuntikan radiofarmaka.

B. Pengukuran besarnya nilai laju paparan radiasi yang terukur di Instalasi Kedokteran Nuklir *MRCCC Siloam Hospitals* Semanggi, Jakarta yaitu 0,026–1,693  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Menurut Komisi proteksi radiasi kawasan nuklir Serpong, 2011 bahwalaju paparan radiasi ini masih termasuk rendah yaitu dibawah 10  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  dan masih dibawah nilai batas dosis yang diijinkan. Sehingga masih aman bagi pekerja radiasi dan pasien lainnya dikarenakan dosis radiasi yang diterima rata-rata tidak melebihi 20 mSv per tahunnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wagner, H. N., 1982, *Principles Of Nuclear Medicine*, W. B. Saunders Company, London.
- [2]. Ulum, M. F., 2008, *Prinsip Dasar Proteksi Radiasi Dalam Diagnostik*, *Proceedings Join Meeting of the 3rd International*

- Meeting on AZMWC 2008 and KIVNAS X PDHI*, ISBN, Bogor.
- [3]. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 17 Tahun 2012 Tentang *Keselamatan Radiasi Dalam Kedokteran Nuklir*, BAPETEN, Jakarta.
  - [4]. Akhadi, M, 2000, *Dasar–Dasar Proteksi Radiasi*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
  - [5]. Wiyono, M., 2006, *Pengukuran Kontaminasi Permukaan dan Laju Paparan Radiasi di RSUD. Dr. Soetomo Surabaya*, PTKMR BATAN, Jakarta.
  - [6]. Komisi Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong, 2011, *Pedoman Keselamatan Dan Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong*, Puspitek BATAN, Serpong.
  - [7]. Wiharto, K., 1996, *Kedokteran Nuklir dan Aplikasi Teknik Nuklir dalam Kedokteran*, BATAN, Jakarta.
  - [8]. Harbert, J., 1984, *Textbook Of Nuclear Medicine Volume I Basic Science*, Lea & Febiger, Philadelphia.