

PENGUKURAN *ENTRASCE SKIN EXPOSURE* DAN LAJU PAPARAN RADIASI HAMBUR PADA PEMERIKSAAN KEPALA DENGAN METODE TEGANGAN TINGGI DI RUMAH SAKIT BHAYANGKARA MAKASSAR

Nur Azmi Anugrah, Sahara dan Nurul Fuadi
Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Email: nurazmianugrah1011@gmail.com

Abstrak: This study aimed to identify the usage method of high voltage tube (kV) with doses and velocity of exposure radiation received by patients during the head checkup and to know the point or safe distance from the radiation sources to the patient and the employee of radiation in the radiology room in Bhayangkara Hospital Makassar . Measuring Entrasce Skin Exposure using multimeter X-Ray Barracuda, and measuring the velocity of exposure radiation using surveymeter at a distance of 1 m, 2 m, and 3 m from the object .The eksposi factor used at voltage tube 70 kV, 80 kV, 90 kV, 100 kV, 110 kV, and the current of tube 200 mA, 160 mA, 100 mA, 50 mA, 20 mA, and time ekspos used 0,250 s. From this research obtained that using of high voltage tube 110 kV produce low Entrasce Skin Exposure 0,590 mGy and using standard voltage tube (kV) 70 kV produce high Entrasce Skin Exposure 4,188 mGy . And measuring the velocity of exposure radiation produce 2500 μ Sv/h at a distance 1 m, 2200 μ Sv/h at a distance 2 m, and 1700 μ Sv/h at a distance 3 m, with high voltage tube at 110 kV. And using voltage tube 70 kV produce low velocity of exposure radiation of 115 μ Sv/h at a distance 1 m, 72 μ Sv/h at a distance 2 m, and 7 μ Sv/h at a distance 3 m. Results showing that the more high voltage tube the more few Entrasce Skin Exposure received to the patients but bigger the velocity of exposure radiation for the employee of radiation and the community and the close distances from sources, higher the rate of exposure radiation, and vice versa . For that reason , point / safe distance for the employee of radiation room and the public should be at a distance 5 m from the radiation sources.

Keywords : radiation, Entrasce Skin Exposure , velocity of exposure radiation, high voltage

1. PENDAHULUAN

Penemuan Sinar-X merupakan suatu revolusi dalam dunia kedokteran karena ternyata dengan hasil itu dapat mendiagnosa penyakit dalam tubuh manusia. Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen seorang ahli fisika di Universitas Wurzburg, Jerman pada tahun 1895, sewaktu melakukan eksperimen dengan sinar katoda saat itu dia melihat timbulnya sinar Fluorosensi yang berasal dari Kristal Barium Platinosianida dalam tabung *Crookes-Hittorf* yang dialiri

listrik. Kemudian dia melanjutkan penelitiannya dan menemukan sinar yang disebutnya sebagai sinar baru atau sinar-X (Sjahrial Rasad, 2005).

Menurut IAEA Technical Report Series No. 457 Tahun 2007 [11], faktor hamburan balik untuk radiografi itu memiliki nilai rentang antara 1,24 – 1,67. Asumsi umum yang digunakan di internasional terkait faktor hamburan balik atau *Back Scatter Factor* (BSF) dari pasien adalah ~ 1,35 (*International Atomic Energy Agency, 2007*).

$$\text{ESE} = \text{HK} \cdot \text{BSF}$$

(1)

Keterangan:

ESE : *Entrasce Skin Exposure* (mGy)

HK : Hasil KERMA (*Kinetic Energy Released in Matter*) (mGy)

BSF : *Back Scatter Factor* senilai 1.35.

Faktor yang mempengaruhi kualitas radiograf antara lain faktor eksposi yang terdiri atas tegangan tabung (kV), arus tabung (mA) dan waktu penyinaran (s). Pengaturan faktor eksposi yang tepat dapat menghasilkan kontras radiograf yang optimal yaitu mampu menunjukkan perbedaan derajat kehitaman yang jelas antar organ yang mempunyai kerapatan berbeda. Tegangan tabung menentukan kualitas radiasi atau daya tembus sinar-X yang dihasilkan. Arus tabung menentukan jumlah elektron yang akan melewati target sehingga dihasilkan sinar-X yang intensitas dan energinya cukup untuk menembus organ tertentu. Waktu menentukan lamanya penyinaran sehingga menentukan kuantitas sinar-X yang dihasilkan (Dhahryan, dkk. 2008).

Teknik tegangan tabung (kV) tinggi merupakan suatu pengembangan teknik radiografi dengan menaikkan nilai tegangan tabung (kV) dari tegangan tabung (kV) standar (tegangan tabung (kV) yang secara umum digunakan untuk membentuk suatu radiograf dan mampu menghasilkan informasi diagnostik). Tegangan tabung yang digunakan berkisar antar 100 kV sampai 150 kV (Carrol, 1985). Menurut Van der plats 15% nilai tegangan tabung (kV) naik, maka arus tabung (mAs) turun setengah dan 15% nilai tegangan tabung (kV) turun, maka arus tabung (mAs) naik dua kali lipat.

Phantom merupakan suatu bentuk permodelan dari objek manusia yang digunakan dalam bidang radiologi baik radiodiagnostik maupun radioterapi untuk evaluasi kualitas gambar radiograf secara realistis. *Phantom* yang banyak digunakan yaitu *phantom* yang terbuat dari *akrilik* karena mempunyai rapat masa yang hampir sama dengan kerapatan air yakni 0.994 gr/cm^3 , hal ini dilakukan karena manusia terdiri dari 75% molekul air (Pratiwi, 2006).

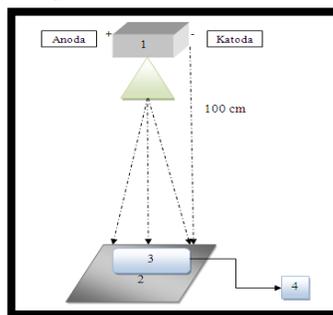


Gambar 1 *Phantom* Kepala

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan metode tegangan tabung (kV) tinggi terhadap dosis radiasi yang diterima pasien dan laju paparan radiasi hambur serta mengetahui titik aman dan titik bahaya dari sumber radiasi, sehingga diharapkan dapat memberikan informasi kepada pekerja radiasi dan masyarakat tentang kegunaan dan kerugian menggunakan tegangan tabung (kV) tinggi pada pesawat sinar-X *General Purpose* atau pesawat sinar-X konvensional.

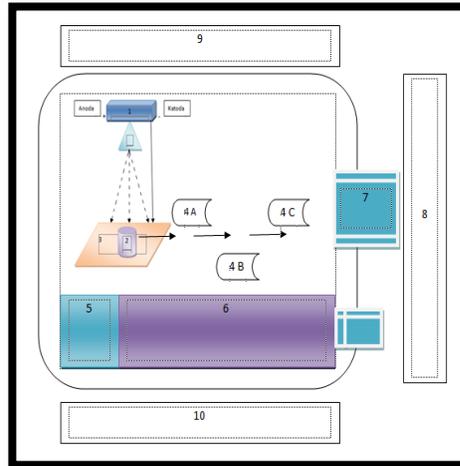
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2018 di Ruang Radiologi RS. Bhayangkara Makassar menggunakan 1 unit multimeter *X-Ray Barracuda*, surveymeter *RAM ION*, *phantom* kepala sebagai simulasi kepala manusia, meteran serta software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Sebelum dilakukan pengukuran, terlebih dahulu melakukan pengaturan faktor eksposi menggunakan metode tegangan tinggi yakni menurunkan arus tabung untuk menghasilkan dosis yang serendah mungkin. Pada pengukuran *Entrasce Skin Exposure* menggunakan multimeter *X-Ray Barracuda*, sedangkan pada pengukuran laju paparan radiasi hambur menggunakan *surveymeter* pada jarak 1 m, 2 m, dan 3 m dari objek. Faktor eksposi yang digunakan yaitu pada tegangan tabung 70 kV, 80 kV, 90 kV, 100 kV, 110 kV, dan arus tabung 200 mA, 160 mA, 100 mA, 50 mA, 20 mA, serta waktu ekspos yang digunakan 0,250 s. Pengukuran mula-mula menggunakan tegangan standar yaitu 70 kV dengan arus tabung 200 mA, kemudian tegangan tinggi 110 kV dengan arus tabung 20 mA. Skema pengukuran *Entrasce Skin Exposure* dapat dilihat pada gambar 2, sedangkan untuk skema laju paparan radiasi hambur dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2 Skema Pengukuran *Entrasce Skin Exposure*

Keterangan: (1) Tabung Sinar-X; (2) Lapangan Kolimasi; (3) Detektor dan (4) Display Multimeter *X-Ray*.



Gambar 3: Skema Pengukuran Laju Paparan Radiasi Hambur

Keterangan: (1) Tabung Sinar-X; (2) *Phantom* Kepala; (3) Meja Pemeriksaan; (4) a. Surveymeter pada jarak 1 m dari objek, b. Surveymeter pada jarak 2 m dari objek, c. Surveymeter pada jarak 3 m dari objek; (5) Ruang Ganti; (6) Ruang Operator; (7) Pintu masuk ruang pemeriksaan; (8) Coridor/Ruang tunggu, (9) Ruang Pemeriksaan II; (10) Ruang Administrasi.

Setelah melakukan pengukuran kemudian hasil pengukuran dari alat ukur multimeter *X-Ray Barracuda* dikalikan dengan *Back Scatter Factor* (BSF) yaitu sebesar 1.35 untuk menghasilkan hasil *Entrasce Skin Exposure*. Analisis data menggunakan software SPSS dengan memasukkan data variabel bebas dan variabel terikat pada *data view*. Kemudian pada variabel view akan muncul data yang sudah terinput kemudian menganalisis menggunakan *analysis regresion linear* untuk melihat seberapa besar pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran *Entrasce Skin Exposure*

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pada tegangan tabung standar yaitu 70 kV menghasilkan dosis yang tinggi sebesar 4,188 mGy, sedangkan pada tegangan tinggi yaitu 110 kV menghasilkan dosis rendah sebesar 0,590 mGy. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi tegangan tabung (kV) yang digunakan maka semakin rendah dosis yang diterima.

Pengukuran Laju Paparan Radiasi Hambur

Pengukuran ini dilakukan pada jarak minimal 1 m dan maksimal pada jarak 3 m. Adapun nilai laju paparan radiasi hambur pada tabel di atas yaitu laju paparan radiasi hambur terbesar terletak pada jarak 1 m yaitu 2500 $\mu\text{Sv/h}$ pada penggunaan tegangan tabung 110 kV. Sedangkan nilai laju paparan radiasi hambur terkecil terletak pada jarak 3 m yaitu 7 $\mu\text{Sv/h}$ pada penggunaan tegangan tabung 70 kV. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi tegangan tabung (kV) maka semakin besar pula paparan radiasi yang diterima namun semakin jauh jarak dari sumber radiasi

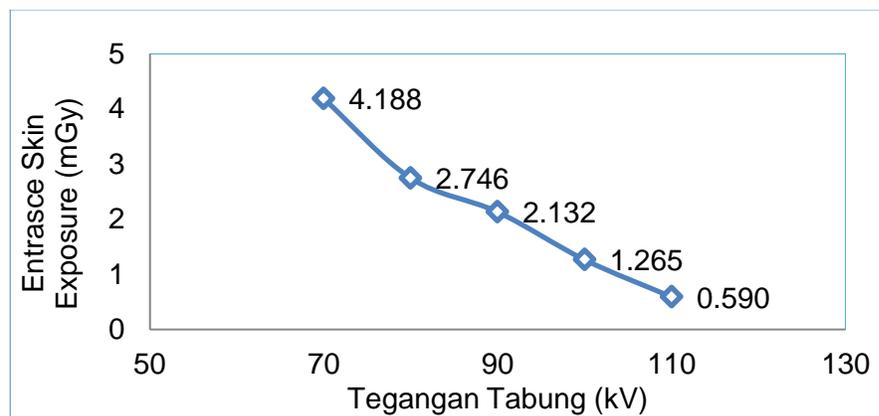
maka paparan yang diterima semakin kecil, semakin dekat jarak dengan sumber maka paparan yang diterima akan semakin besar.

Pembahasan

Pada pemeriksaan pesawat sinar-X konvensional ada beberapa faktor yang berpengaruh yaitu tegangan tabung (kV), arus tabung (mA), dan waktu ekspose (s). Pada pemeriksaan konvensional sinar-X ini waktu ekspose tidak diatur, dimana waktu merupakan variabel tetap. Pada pengukuran ini tegangan tabung dan arus tabung sangat berperan penting dalam menentukan dosis dan laju paparan radiasi yang diterima oleh seseorang baik itu pasien maupun petugas radiasi.

Pada pemeriksaan pertama yaitu pengukuran *Entrasce Skin Exposure* (ESE) dengan tegangan tabung (kV) dan arus tabung (mA) yang sudah ditentukan. *Entrasce Skin Exposure* (ESE) adalah paparan yang diukur dengan satuan milligray (mGy) pada pusat sumbu sinar-X dimana titik tersebut merupakan daerah yang dikenai radiasi dengan memperhitungkan *Back Scatter Factor* (BSF). *Back Scatter Factor* (BSF) ini merupakan faktor hamburan balik dari objek yang diperiksa (Dhahryan, dkk, 2008).

Pengukuran *Entrasce Skin Exposure* (ESE) dilakukan agar dapat mengakomodir faktor hamburan balik dari organ/objek yang diperiksa. Adapun pengaruh penggunaan tegangan tabung terhadap *Entrasce Skin Exposure* (ESE) dapat dilihat pada grafik 1 sebagai berikut:

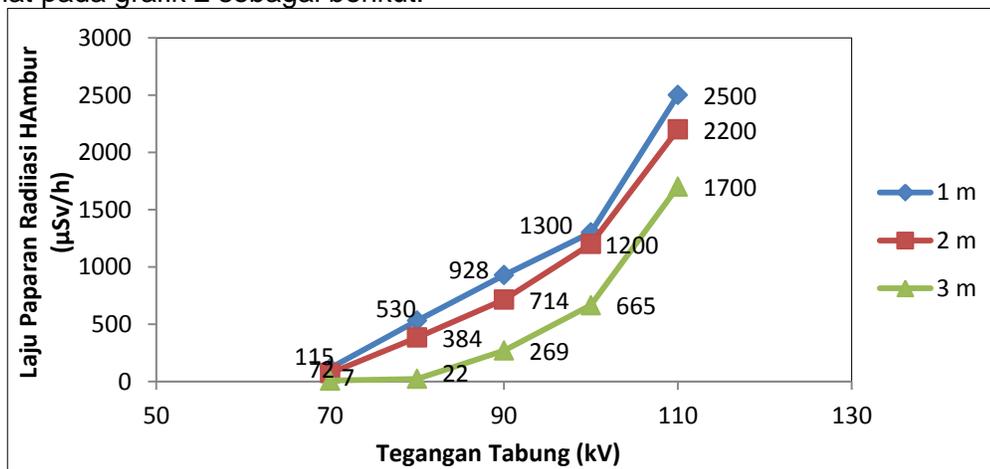


Gambar 1. Pengaruh Penggunaan Metode Tegangan Tabung Terhadap *Entrasce Skin Exposure* (ESE)

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa penggunaan faktor eksposi standar yang biasa digunakan untuk mengekspose pada pemeriksaan kepala menghasilkan *Entrasce Skin Exposure* (ESE) sebesar 4,118 mGy. Hasil tersebut telah melampaui batas dosis di permukaan kulit yang ditetapkan oleh BAPETEN sebesar 3 mGy untuk pemeriksaan kepala dengan posisi lateral (samping). Tegangan tabung 70 kV dengan arus tabung 200 mA merupakan faktor eskposi

yang tidak aman bagi pasien. Angka yang dihasilkan oleh faktor eksposi standar lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh faktor eksposi tinggi yakni teknik tegangan tinggi. *Entrasce Skin Exposure* (ESE) yang dihasilkan sebesar 0,590 mGy. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi tegangan tabung (kV), maka akan menambah daya tembus berkas ke organ dan sebagai kompensasi kenaikan tegangan tabung (kV) tersebut maka arus tabung (mA) diturunkan sehingga membuat dosis menjadi turun karena semakin kurang pula radiasi yang diserap oleh kulit yang terdekat pada tabung sinar-X. Hal ini juga dijelaskan dalam teori Van Der Plats dimana semakin tinggi tegangan tabung (kV) dan disertai dengan penurunan arus tabung (mA) maka semakin sedikit pula dosis yang akan diterima pasien sebagaimana yang terlihat pada gambar 1.

Pada pemeriksaan kedua yaitu pengukuran laju paparan radiasi hambur dengan tegangan tabung (kV) dan arus tabung (mA) yang telah ditentukan. Laju paparan radiasi hambur merupakan besarnya paparan per satuan waktu. Pengukuran laju paparan radiasi hambur dilakukan untuk keselamatan pekerja radiasi dan masyarakat umum yang berada di sekitar ruang pemeriksaan. Adapun pengaruh penggunaan tegangan tabung terhadap laju paparan radiasi hambur dapat dilihat pada grafik 2 sebagai berikut:



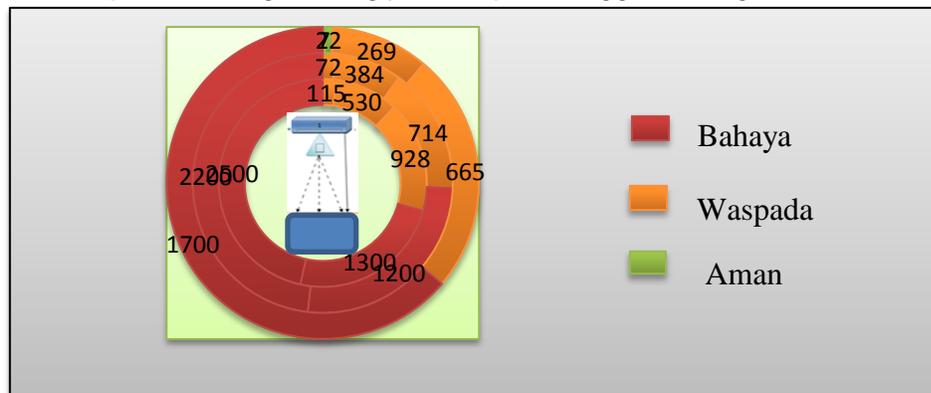
Gambar 3 Grafik pengaruh penggunaan metode tegangan tabung terhadap laju paparan radiasi hambur untuk variasi jarak berbeda dari sumber radiasi.

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa penggunaan faktor eksposi tinggi yang digunakan untuk mengekspose pada pemeriksaan kepala menghasilkan laju paparan radiasi hambur sebesar 2500 $\mu\text{Sv/h}$ pada jarak 1 m, 1200 $\mu\text{Sv/h}$ pada jarak 2 m, dan 665 $\mu\text{Sv/h}$ pada jarak 3 m dari objek. Hasil yang ditetapkan oleh BAPETEN sebesar 20 $\mu\text{Sv/h}$ untuk pekerja radiasi dan 7,5 $\mu\text{Sv/h}$ untuk masyarakat umum, sehingga untuk faktor eksposi 110 kV, dan 20 mA tidak aman bagi pekerja radiasi dan masyarakat umum untuk berada di sekitar sumber radiasi pada jarak tersebut. Angka yang dihasilkan oleh faktor eksposi tinggi lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh faktor eksposi rendah. Laju paparan radiasi hambur yang dihasilkan faktor eksposi rendah sebesar 115 $\mu\text{Sv/h}$ pada jarak 1 m, 72 $\mu\text{Sv/h}$ pada jarak 2 m, dan 7 pada jarak 3 m. Hasil yang diperoleh juga telah melampaui batas standar BAPETEN pada jarak 1 m dan 2 m. Hal ini dikarenakan sinar-X

sebagai unsur produk pertama yang mempengaruhi terjadinya radiasi hambur pada penggunaan tegangan tinggi yang dapat membuat daya tembus sinar-X semakin kuat, sehingga semakin sedikit sinar-X yang diserap oleh bahan (kulit) namun semakin banyak produksi radiasi hambur yang akan diterima oleh pekerja radiasi dan masyarakat umum yang berada di sekitar sumber radiasi (Van Der Plats) .

Adapun hasil dari variasi jarak sumber radiasi dimana semakin jauh jarak pengukuran terhadap sumber radiasi maka laju paparannya semakin kecil. Hasil pada faktor eksposi 70 kV, dan 200 mA pada jarak 3 m dapat dikatakan aman untuk pekerja radiasi dan masyarakat umum. Begitupula sebaliknya, semakin dekat jarak pengukuran terhadap sumber radiasi maka semakin besar pula paparan radiasinya. Hal ini dikarenakan kekuatan jarak dekat lebih banyak menembus bahan/materi dibandingkan dengan jarak yang jauh dari sumber radiasi karena semakin jauh jarak dari sumber radiasi maka radiasi akan berinteraksi dengan udara sehingga semakin berkurang intensitasnya. Hal ini juga sesuai dengan hukum kuadrat jarak, yaitu dosis radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya (Van Der Plats).

Untuk menentukan titik/tempat yang memiliki dosis paparan paling tinggi dan paling rendah pada masing-masing jarak dapat menggunakan grafik 3 berikut:



Gambar 3 Grafik posisi titik aman dan titik bahaya pada pengukuran laju paparan radiasi hambur.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada titik merah merupakan titik yang berbahaya, titik jingga merupakan titik semi aman dan titik hijau merupakan titik yang aman bagi pasien dan pekerja radiasi. Dengan adanya grafik diatas seorang petugas atau pekerja radiasi dapat mengetahui titik-titik/tempat yang rawan maupun yang aman terhadap resiko bahaya radiasi, sehingga dapat mencegah terjadinya efek non stokastik dan membatasi peluang terjadinya efek stokastik. Adapun daerah yang kemungkinan akan terkena paparan radiasi yaitu di ruang ganti pasien.

Hasil pengukuran paparan radiasi di lingkungan sekitar ruangan radiologi dapat dilihat melalui tabel berikut:

Tabel 3: Hasil Pengukuran laju paparan radiasi hambur di lingkungan sekitar sumber dengan faktor eksposi yang bervariasi yaitu 200 mA, 160 mA, 100 mA, 50 mA dan 20 mA dengan waktu 0.250 s.

Posisi	Laju paparan radiasi hambur ($\mu\text{Sv/h}$)
--------	--

	70 kV	80 kV	90 kV	100 kV	110 kV
Ruang Operator	0	0	0	0	0
Pintu Masuk	0	0	0	0	0
Coridor	0	0	0	0	0
Ruang Pemeriksaan II	0	0	0	0	0
Ruang Administrasi	0	0	0	0	0

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa pengukuran laju paparan radiasi hambur di luar ruangan pemeriksaan I menghasilkan 0 $\mu\text{Sv/h}$. Hal ini disebabkan karena semua radiasi diserap oleh dinding sehingga tidak dapat menembus tembok luar ruangan yang artinya desain ruangan radiologi 1 (Satu) dapat dinyatakan aman. Dimana luas ruang pemeriksaan pesawat konvensional luas panjang 6 m, lebar 3,6 m tinggi 3 m yang sudah memenuhi persyaratan desain ruangan yang diperbolehkan. Dinding ruangan radiologi R.S Bhayangkara pada dasarnya menggunakan gypsum dan beton sebagai sekat pemisah antara ruangan radiologi dan ruangan disekitarnya yang dilapisi 15 cm bata plesteran dan timbal (Pb) dengan tebal 2 mm. Pintu ruang pesawat sinar-X terbuat dari kayu atau triplek dengan ketebalan 4 cm dan dilapisi timbal atau Pb dengan ketebalan 3 mm sebagai proteksi radiasi. Hal ini sudah memenuhi persyaratan keselamatan radiasi baik untuk pekerja radiasi maupun masyarakat umum sesuai dengan yang direkomendasikan oleh Komisi Internasional untuk Perlindungan Radiologi (ICRP).

Data Uji Signifikansi

Entrasce Skin Exposure pada pesawat sinar-X Konvensional

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.288	1	7.288	140.776	.001 ^b
	Residual	.155	3	.052		
	Total	7.443	4			

a. Dependent Variable: Entrasce Skin Exposure (mGy)

b. Predictors: (Constant), Tegangan Tabung (kV)

Laju paparan radiasi hambur pada pesawat sinar-X Konvensional

Laju Paparan Radiasi Hambur pada jarak 1 m

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3069160.000	1	3069160.000	36.491	.009 ^b
	Residual	252323.200	3	84107.733		
	Total	3321483.200	4			

a. Dependent Variable: Laju Paparan Radiasi Hambur ($\mu\text{Sv/h}$) Jarak 1 m

b. Predictors: (Constant), Tegangan Tabung (kV)

Laju Paparan Radiasi Hambur pada jarak 2 m

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2572518.400	1	2572518.400	40.000	.008 ^b
	Residual	192937.600	3	64312.533		
	Total	2765456.000	4			

a. Dependent Variable: Hasil Laju Paparan Radiasi Hambur ($\mu\text{Sv/h}$) Jarak 2 m

b. Predictors: (Constant), Tegangan Tabung (kV)

Laju Paparan Radiasi Hambur pada jarak 3 m

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1623284.100	1	1623284.100	13.396	.035 ^b
	Residual	363521.100	3	121173.700		
	Total	1986805.200	4			

a. Dependent Variable: Hasil Laju Paparan Radiasi Hambur ($\mu\text{Sv/h}$) Jarak 3 m

b. Predictors: (Constant), Tegangan Tabung (kV)

Uji signifikansi adalah suatu pengujian dengan menggunakan software SPSS. Dimana aplikasi ini sangat bermanfaat untuk mengelolah dan menganalisa suatu data dengan nilai keakuratannya sebesar 95%. Pada uji signifikansi data *Entrasce Skin Exposure* (ESE) dan laju paparan radiasi dilakukan untuk melihat independensi data pengaruh penggunaan tegangan tabung (kV) tinggi dengan tegangan tabung (kV) standar terhadap dosis dan laju paparan radiasi hambur. Uji signifikansi yang digunakan yaitu uji regresi linear, dimana jika nilai signifikansi yang diperoleh lebih kecil dari $<0,05$ maka data tersebut saling berpengaruh tetapi jika data lebih besar dari $>0,05$ maka data tersebut tidak saling berpengaruh. Hasil uji yang telah dilakukan maka diperoleh nilai signifikansinya sebesar $0,001^b$ sedangkan data laju paparan radiasi hambur pada jarak 1 m diperoleh nilai signifikansinya sebesar $0,009^b$, $0,008^b$ pada jarak 2 m dan $0,035^b$ pada jarak 3 m. Hasil tersebut

menunjukkan bahwa tegangan tabung (kV) sangat berpengaruh terhadap *Entrasce Skin Exposure* (ESE) dan laju paparan radiasi hambur.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penggunaan metode tegangan tabung (kV) pada pemeriksaan kepala menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan tabung (kV) maka semakin sedikit pula dosis yang diserap oleh pasien.
2. Pada penggunaan metode tegangan tabung (kV) tinggi pada objek phantom kepala menunjukkan bahwa semakin besar tegangan tabung (kV) maka semakin besar pula paparan radiasi yang dihasilkan. Selain itu jarak mempengaruhi laju paparan radiasi hambur yang diterima dimana semakin dekat dari sumber maka semakin besar pula paparan radiasi yang diterima. Begitu pula sebaliknya semakin jauh dari sumber maka semakin sedikit paparan radiasi yang diterima.
3. Titik/jarak aman dari sumber radiasi seorang petugas radiasi dan masyarakat umum yaitu harus berada di medan radiasi dalam membantu pasien selama pemeriksaan adalah 5 m dari sumber radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Carrol, QB., 1985, "*Principle of Radiographic Exposure Processing and QualityControl*", *Third Edition, USA, Charless C, Thomas Publisher.*
- Dhahryan, dkk. 2008. *Pengaruh Teknik Tegangan Tinggi terhadap Entrasce Skin Exposure dan Laju Paparan Radiasi Hambur pada Pemeriksaan Abdomen.* Berkala Fisika [Online], vol 11. No. 3 Hal103-108.
https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/2931[21 Januari 2018].
- ICRP Publication 60. 1991. *Recomendations of the International Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press, Oxford.
- International Atomic Energy Agency. 2007. "*Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice*". Technical Reports Series No. 457,
- International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Glosarry. 2007. "*Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection*", Vienna.
- Pratiwi, U. 2006. *Aplikasi Analisis Citra Detail Phantom dengan Metode Konversi Data Digital ke Data Matrik untuk Meningkatkan Kontras Citra Menggunakan Film Imaging Plate.* Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rasad, Sjahriar. 2005. *Radiologi Diagnostik Edisi Kedua.* Jakarta: Balai Penerbit FK UI, 453- 455.
- Van der Plats, 1972. *Medical X-Ray Technique.* Third Edition, Philips Technical Library, Eindhoven.