

EVALUASI METODE PERHITUNGAN KETEBALAN PERISAI PADA RUANG DIGITAL RADIOGRAFI

Wulandhari¹⁾, Wahyu Setia Budi¹⁾ dan Agung Dwiyanto²⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: hetwulandhari@gmail.com

ABSTRACT

This research would discuss about the methods to determine shielding thickness for X-Ray of digital radiography room published by BIR (British Institute of Radiology), NCRP (National Council on Radiation Protection), KEMENKES No.1014/Menkes/SK/XI/2008 and Perka BAPETEN No. 4 (2013). Each method assume different considerations so evaluation is needed in terms of it's ability to control external radiation exposure.

Shielding thickness based on NCRP and BIR need data such as space map area of the other side operation X-Ray, shift workers, total number of patient, and distance of primary and secondary radiation to the point of occupation, all of data collected based on survey before experiment. Then shielding thickness calculated based on the dose rate inside and outside room be used as a comparison.

The result of primary Pb shielding thickness by NCRP 49 is 1,00 mm, NCRP 147 is 0,469 mm and BIR is amount of 0,650 mm. The secondary Pb thickness shielding by NCRP 49 is 0,500 mm, NCRP 147 is 0,170 mm and BIR is amount of 0,00980 mm. Shielding thickenss based on dose rate, for primary Pb shielding thickness is 0,898 mm and secondary Pb shielding thickness is 0,987 mm respectively. The result of shielding thickness based on NCRP 49 method is closer with the result by shielding thickness was based on dose rate.

Keywords: NCRP 49, NCRP 147, BIR, Shielding Thickness, Dose Rate.

ABSTRAK

Penelitian ini membahas mengenai ketebalan perisai sinar-X pada ruang digital radiografi, beberapa ketentuan yang ada dalam menentukan ketebalan perisai diantaranya yang diterbitkan oleh NCRP (National Council on Radiation Protection), BIR (British Institute of Radiology), KEMENKES No.1014/Menkes/SK/XI/2008 dan Peraturan Kepala BAPETEN No 8 tahun 2011. Ketentuan tersebut memiliki pertimbangan yang berbeda-beda, oleh sebab itu diperlukan adanya evaluasi dalam hal kemampuannya untuk mengendalikan paparan radiasi eksternal.

Ketebalan perisai dihitung berdasarkan metode NCRP dan BIR memerlukan data seperti data denah ruang yang bersebelahan dengan ruang pengoperasian sinar-X, shift pekerja, jumlah pasien dan jangkauan radiasi primer serta sekunder terhadap titik hunian, semua data tersebut diperoleh berdasarkan survei awal sebelum penelitian. Selanjutnya ketebalan perisai berdasarkan laju dosis dalam dan luar ruangan akan digunakan sebagai pembanding.

Hasil perhitungan ketebalan perisai primer dengan bahan Pb pada NCRP 49 sebesar 1,00 mm, NCRP 147 sebesar 0,469 mm dan BIR sebesar 0,650 mm. Ketebalan perisai sekunder berbahan Pb pada NCRP 49 sebesar 0,500 mm, NCRP 147 sebesar 0,170 mm, dan BIR sebesar 0,00980 mm. Selain itu hasil perhitungan ketebalan perisai berdasarkan laju dosis berbahan Pb untuk perisai primer sebesar 0,898 mm dan perisai sekunder sebesar 0,987 mm. Hasil ketebalan perisai berdasarkan NCRP 49 paling mendekati dengan hasil ketebalan perisai yang dihitung berdasarkan laju dosis.

Kata kunci: NCRP 49, NCRP 147, BIR, Ketebalan Perisai, Laju Dosis.

PENDAHULUAN

Ada beberapa ketentuan dalam menentukan ketebalan perisai sinar-X untuk keperluan diagnostik yaitu ketentuan yang telah diterbitkan oleh BIR (*British Institute of Radiology*), NCRP (*National Council on Radiation Protection*), Keputusan Menteri

Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1014/Menkes/SK/XI/2008 tentang standar pelayanan radiologi diagnostik di sarana pelayanan kesehatan dan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No 8 tahun 2011 tentang proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir, semua

ketentuan tersebut didasarkan pada pertimbangan yang berbeda-beda sehingga mengakibatkan perbedaan ketebalan perisai pada masing-masing ketentuan pada ruang yang sama.

Ketebalan perisai yang berbeda-beda perlu dievaluasi dalam hal kemampuannya untuk mengendalikan paparan radiasi eksternal agar tingkat radiasi eksternal tidak melebihi batas dosis yang telah diatur oleh Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan sinar-X agar mencegah efek deterministik dan mengurangi resiko efek stokastik bagi pekerja, pasien dan masyarakat umum. Selain itu dapat dijadikan sebagai kajian dasar para arsitek dalam aspek kontruksi ruang sinar-X untuk diagnostik.

Perisai radiasi dirancang agar memenuhi keselamatan radiasi dan dapat mengurangi biaya kontruksi, oleh sebab itu telah dilakukan penelitian mengenai berbagai ketentuan dalam menentukan ketebalan perisai sinar-X. Salah satunya, penelitian yang telah dilakukan oleh Pesianian (2009) dengan menggunakan ketentuan NCRP 49 tentang desai perisai struktural dan evaluasi untuk medis dalam penggunaan sinar-X dan sinar γ pada energi 10 MeV dan NCRP 147 tentang desain perisai untuk fasilitas imaging sinar-X dalam medis di ruang radiografi Rumah Sakit Universitas. Penelitian tersebut merupakan *study comparation* kedua ketentuan tersebut, hasilnya menunjukkan bahwa ketebalan perisai menggunakan ketentuan NCRP 49 didapatkan ketebalan terhitung memenuhi dosis aman (dibawah batas dosis), sedangkan NCRP 147 didapatkan ketebalan perisai yang lebih tipis dan dibawah batas dosis[1].

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah membandingkan ketentuan NCRP, maka dalam penelitian ini akan dilakukan perbandingan ketentuan berdasarkan NCRP dan BIR serta mengevaluasi masing-masing ketebalan perisai terhadap tebal terhitung berdasarkan laju dosis dan ketentuan dari

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1014/Menkes/SK/XI/2008 serta Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir N0. 4 tahun 2013 dengan obyek penelitian adalah ruang digital radiografi di RSUP Dr. Kariadi Semarang.

DASAR TEORI

Attenuation

Attenuation adalah hilangnya foton dari berkas sinar-X setelah melewati materi yang disebabkan oleh penyerapan dan hamburan pada foton primer [2]. Proses pelemahan radiasi baik sinar-X dalam suatu bahan perisai bersifat eksponensial sesuai persamaan (1).

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

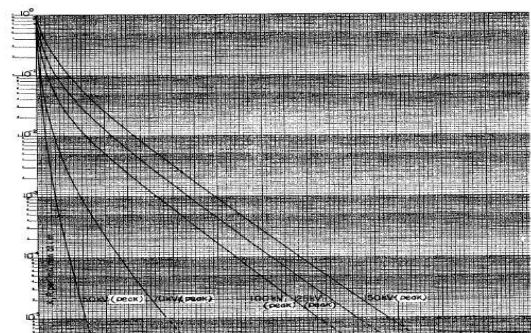
I adalah intensitas radiasi setelah melalui bahan, I_0 adalah intensitas sebelum melalui bahan, μ adalah koefisien serapan linier bahan (cm^{-1} atau m^{-1}) dan x adalah tebal bahan (cm atau m) [3].

NCRP 49

Perhitungan perisai primer untuk ruang sinar-X ditunjukkan dalam persamaan (2).

$$K_{ux} = \frac{d_{pri}^2 P}{WUT} \quad (2)$$

K_{ux} adalah faktor transmisi berkas sinar-X (R/ mA-menit pada 1 meter), d_{pri} adalah jarak sumber radiasi ke orang diluar perisai primer (m), P adalah paparan yang diijinkan tiap minggunya, W adalah beban kerja (mA-menit/minggu), U adalah faktor kegunaan dan T adalah faktor hunian. Kemudian hasil K_{ux} dihubungkan dengan kurva hubungan K_{ux} (sebagai sumbu y) dengan ketebalan perisai yang diperlukan (S_{ux}) sebagai sumbu x yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Atenuasi Pb (mm) terhadap sinar-X yang dihasilkan pada tegangan 50 kVp, 70 kVp, 100 kVp, 125 kVp, dan 150 kVp

Perisai radiasi sekunder terdiri dari perisai radiasi hambur dan kebocoran, ketebalan perisai radiasi hambur (S_{sx}) ditentukan dengan rumus J_{sx} (untuk tegangan kurang dari 500 kV) adalah sebagai berikut :

$$J_{sx} = \frac{P}{a W T} (d_{sca})^2 (d_{sec})^2 \frac{400}{F} \quad (3)$$

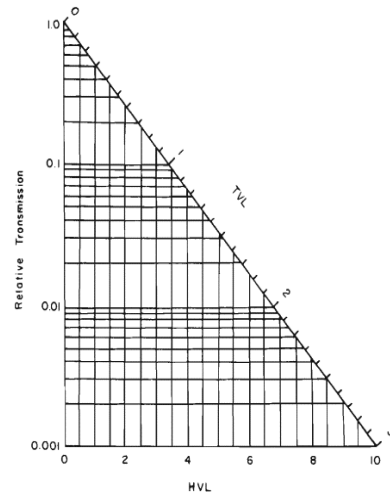
J_{sx} adalah perbandingan nilai paparan sekunder dengan beban kerja ($R/\frac{mA \cdot menit}{minggu}$ pada 1 meter), a adalah rasio radiasi hambur terhadap radiasi yang membahayakan, F adalah ukuran medan sebaran (cm^2), d_{sca} adalah jarak sumber radiasi ke kulit pasien (m), d_{sec} adalah jarak radiasi hambur ke titik tertentu (0,3 m diluar perisai sekunder).

Ketebalan perisai kebocoran radiasi (S_{Lx}) ditentukan dengan menghitung faktor transmisi radiasi kebocoran (B_{Lx}) menggunakan persamaan (4).

$$B_{Lx} = \frac{P (d_L)^2 600 I}{W T} \quad (4a)$$

$$S_{Lx} = N (HVL) = n (TVL) \quad (4b)$$

I adalah arus tabung maksimum (mA), d_L adalah jarak sumber radiasi kebocoran ke titik tertentu (0,3 m diluar perisai sekunder), N dan n merupakan hasil B_{Lx} yang dimasukkan dalam ordinat pada Gambar 2, hasil N dapat dibaca disumbu axisnya dan n dapat dibaca disumbu miringnya.



Gambar 2. Hubungan antara transmisi dengan nilai HVL dan nilai TVL [8]

Ketebalan perisai radiasi sekunder (S_t) ditentukan berdasarkan ketebalan perisai radiasi hambur (S_{sx}) dan ketebalan perisai radiasi bocor (S_{Lx}) mengikuti aturan jika $|S_{sx} - S_{Lx}| < 1 TVL$ maka tebal perisai sekunder diambil harga yang terbesar antara S_{sx} dan S_{Lx} kemudian ditambahkan faktor keselamatan sebesar 1 HVL. Sedangkan $|S_{sx} - S_{Lx}| > 1 TVL$, maka tebal perisai sekunder cukup diambil dengan harga yang terbesar antara S_{sx} dan S_{Lx} .

NCRP 147

Perhitungan transmisi berkas sinar-X pada perisai primer ditunjukkan dalam persamaan (5).

$$B_p (x_{perisai} + x_{pre}) = \frac{P}{T} \frac{d_p^2}{K_p^1 U N} \quad (5)$$

K_p^1 adalah kerma udara primer tanpa perisai tiap pasien pada jarak 1 m, U adalah faktor kegunaan, N adalah jumlah pasien, d_p adalah jarak radiasi primer (*focal spot*) ke titik tertentu (biasanya 1 ft atau 0,3 m, di luar perisai), B_p adalah faktor transmisi radiasi primer, $x_{perisai}$ adalah ketebalan perisai primer (m) dan x_{pre} adalah ketebalan preperisai (m).

Perisai sekunder merupakan perisai radiasi hambur dan kebocoran radiasi, transmisi kerma udara sekunder melewati perisai ditunjukkan pada persamaan (6).

$$B_{sec} (x_{penahan}) = \left(\frac{P}{T}\right) \frac{d_{sec}^2}{K_{sec}^1 N} \quad (6)$$

$B_{sec} (x_{penahan})$ adalah transmisi berkas sinar-X terhadap perisai sekunder, $K_{sec}^1 (x)$ adalah

kerma udara dari daerah hunian yang berperisai sekunder tiap pasien pada jarak 1 m (mGy/pasien).

Ketebalan bahan perisai primer dan sekunder dapat ditentukan dengan persamaan (7).

$$x = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} + \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)}{1 + \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)} \right] \quad (7)$$

x adalah ketebalan perisai berdasarkan ketentuan NCRP 147 (mm), B adalah transmisi, parameter α (mm^{-1}), β (mm^{-1}) dan γ .

BIR

Ketebalan perisai primer dihitung menggunakan metode *Entrance Surface Dose* yang ditunjukkan dalam persamaan (8).

$$k_{inc} = n \times ESD \times \left[\frac{SID - d_s}{SID + d_b} \right]^2 \quad (8)$$

K_{inc} adalah kerma (mGy), n adalah jumlah gambar setiap minggu, ESD adalah dosis yang diterima dipermukaan (mGy), SID adalah jarak sumber sinar-X ke image reseptor (m), d_s adalah jarak image reseptor ke permukaan pasien (m) dan d_b adalah jarak image reseptor ke titik hunian (m).

Ketebalan perisai radiasi sekunder menggunakan kerma hamburan maksimum dapat dihitung menggunakan persamaan (9).

$$k_{sec} = \frac{[(0,031 \times kVp) + 2,5] \times DAP}{a^2} \quad (9)$$

S_{max} adalah faktor hamburan maksimum pada 1 meter ($\mu\text{Gy} (\text{Gy} \cdot \text{cm}^2)^{-1}$), DAP adalah *Dose Area Product* tiap minggu ($\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$), dan d adalah jarak pasien ke dinding (m).

Ketebalan perisai primer dan sekunder dapat dihitung menggunakan persamaan (10).

$$x = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[\frac{\left(\frac{D_c}{k \times T \times 52}\right)^{-\gamma} + \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)}{1 + \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)} \right] \quad (10)$$

D_c adalah batas dosis tahunan (mSv) sebesar 0,3 mSv/tahun yang ditentukan berdasarkan optimasi NRPB (*National Radiological Protection Board*), T adalah faktor hunian, α , β , dan γ adalah konstanta yang nilainya bergantung pada energi.

METODE PENELITIAN

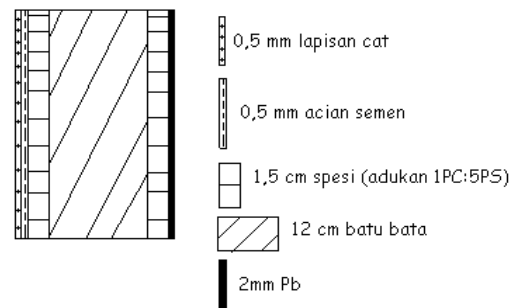
Waktu dan Tempat Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2014 di RSUP Dr. Kariadi khususnya di Instalasi Radiologi ruang digital radiografi.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *surveymeter gamma* untuk mendeteksi laju dosis radiasi ruang digital radiografi dan meteran untuk mengukur jangkauan radiasi primer dan sekunder ke titik hunian (0,3 meter diluar perisai).

Bahan yang digunakan berupa komposisi dinding dan pintu ruangan yang ditunjukkan pada Gambar 3.



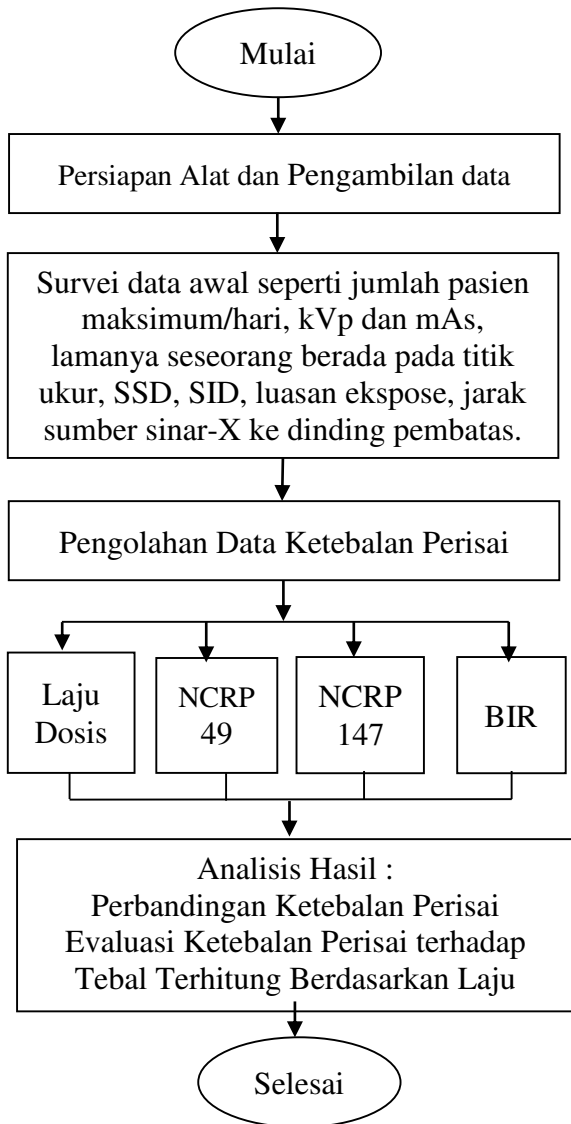
Gambar 3a. Komposisi dinding ruang digital radiografi



Gambar 3b. Komposisi pintu digital radiografi dari atas

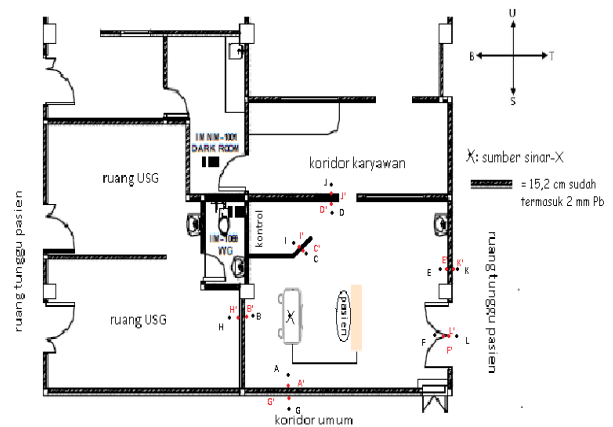
Prosedur Penelitian

Secara umum, penelitian ini dilakukan melalui empat tahap. Tahap pertama yaitu tahap survei awal sebelum penelitian, tahap kedua yaitu pengukuran laju dosis dalam dan luar ruangan, tahap ketiga pengambilan data yang diperlukan untuk perhitungan ketebalan perisai berdasarkan NCRP 49, NCRP 147, dan BIR dan tahap ketiga evaluasi hasil ketebalan perisai dengan metode-metode tersebut terhadap peraturan KEMENKES dan Perka BAPETEN serta tebal dihitung berdasarkan laju dosis. Secara keseluruhan tahapan penelitian ditunjukkan oleh diagram penelitian pada Gambar 4.



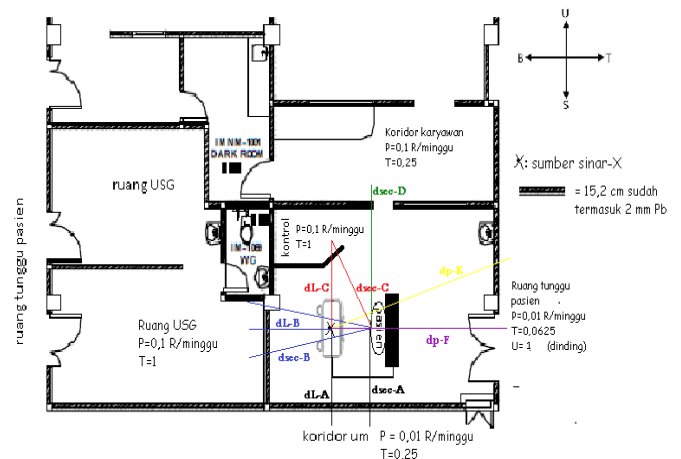
Gambar 4. Prosedur Penelitian Pengukuran Laju Dosis Ruang Digital Radiografi

Posisi pengukuran laju dosis dalam dan luar ruang digital radiografi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Posisi titik ukur pengukuran laju dosis ruang digital radiografi Perhitungan Ketebalan Perisai berdasarkan NCRP 49, NCRP 147, dan BIR

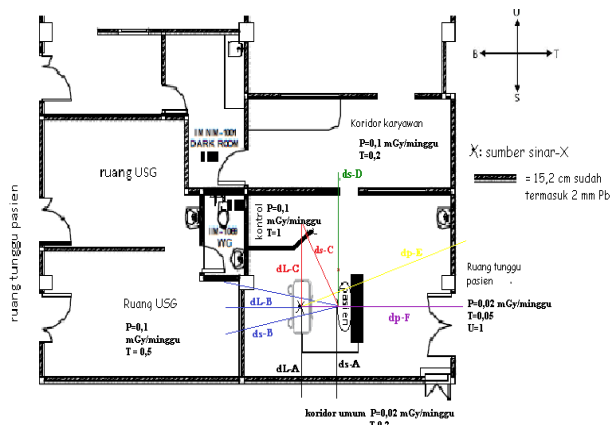
Ketetapan NCRP 49 memiliki variabel-



variabel perhitungan seperti faktor hunian, faktor kegunaan, jangkauan radiasi ke titik hunian, berikut ini adalah variabel perhitungan NCRP 49 ruang digital radiografi yang ditunjukkan dalam Gambar 6.

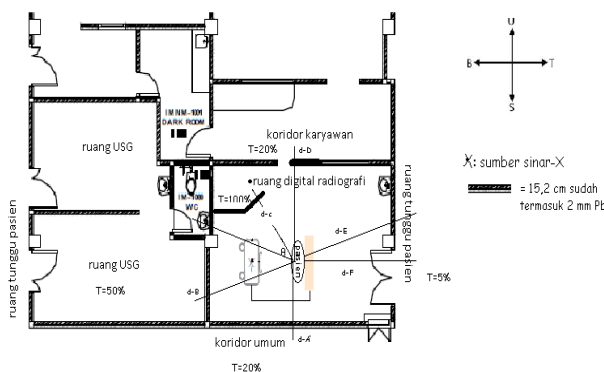
Gambar 6. Variabel perhitungan NCRP 49 ruang digital radiografi

Seperti halnya ketentuan NCRP 49, NCRP 147 memiliki variabel-variabel perhitungan seperti faktor hunian, faktor kegunaan, jangkauan radiasi ke titik hunian, berikut ini adalah variabel perhitungan NCRP 147 ruang digital radiografi yang ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Variabel perhitungan NCRP 147 ruang digital radiografi

Ketetapan BIR memiliki variabel-variabel perhitungan yaitu faktor hunian dan jangkauan radiasi ke titik hunian, berikut ini adalah variabel perhitungan NCRP 49 ruang digital radiografi yang ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Variabel perhitungan BIR ruang digital radiografi

Evaluasi

Evaluasi ketebalan perisai berdasarkan perhitungan menggunakan berbagai ketentuan Perka Bapeten No.4 tahun 2013 NBD untuk pekerja ditetapkan besarnya dosis efektif yaitu 20 mSv/tahun setara dengan 0,4 mSv/minggu dan berdasarkan KEMENKES Nomor 1014/Menkes/SK/XI/2008 NBD untuk masyarakat ditetapkan dosis efektif sebesar 1 mSv/tahun (0,02 mSv/minggu).

Evaluasi ketebalan perisai berdasarkan perhitungan menggunakan metode terhadap tebal dihitung berdasarkan laju dosis dalam hal ini tebal dihitung berdasarkan laju dosis dapat dihitung menggunakan persamaan (11).

$$x = \frac{\ln(\frac{D}{D_0})}{-\mu} \tag{11}$$

\dot{D} adalah laju dosis radiasi di luar ruangan ($\mu\text{Sv/jam}$), \dot{D}_0 adalah laju dosis radiasi dalam ruangan ($\mu\text{Sv/jam}$), μ adalah koefisien atenuasi dinding (mm^{-1}), dan x adalah ketebalan perisai (mm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Laju dosis pada masing-masing titik ukur ruang digital radiografi

Posisi	Titik Ukur	Jangkauan sumber radiasi ke titik ukur (m)	Laju dosis ($\mu\text{Sv/jam}$)
Dalam Ruang	A'	1,450	225
	B'	2,000	199
	C'	1,710	200
	D'	3,200	70,4
	E'	5,900	24,1
	F'	4,700	49,1
Luar Ruang	G'	1,600	2,36
	H'	2,150	0,99
	I'	1,770	1,33
	J'	3,350	0,73
	K'	6,050	0,62
	L'	4,740	0,78

Laju dosis dalam ruangan digital radiografi sesuai dengan prinsip keselamatan radiasi pengaturan jarak dimana laju dosis radiasi akan berbanding terbalik kuadrat jarak jadi semakin besar jangkauan radiasi ke suatu titik pengukuran maka laju dosis yang terukur akan semakin rendah. Pada posisi titik ukur D' dengan posisi titik ukur F' didapatkan laju dosis yang berbeda jauh dan lebih kecil laju dosis pada titik ukur F', hal ini dikarenakan pada titik ukur F' radiasi telah dilemahkan ketika melewati pasien dan *presielding* sehingga laju dosis yang terdeteksi pada titik ukur tersebut sangat rendah.

Laju dosis luar ruangan digital radiografi pada titik G' paling besar karena laju dosis radiasi sebelum melewati perisai yaitu pada titik A' memiliki laju dosis paling besar sehingga mengakibatkan laju dosis radiasi luar

ruangan yaitu pada titik G' paling besar, sedangkan laju dosis pada titik ukur K' paling rendah karena laju dosis sebelum melewati perisai yaitu pada titik E' memiliki laju dosis paling rendah. Namun terdapat peningkatan laju dosis luar ruangan pada titik ukur L' karena saat dilakukan pengukuran laju dosis perisai titik tersebut (pintu) kurang rapat tertutup sehingga terjadi kebocoran.

Tabel 2. Dosis pada masing-masing titik ukur ruang digital radiografi

Posisi	Titik Ukur	Dosis selama seminggu (mSv)	Penghuni
Dalam Ruangan	A'	9,47	Pasien
	B'	8,39	
	C'	8,41	
	D'	2,97	
	E'	1,03	
	F'	2,08	
Luar Ruangan	G'	0,0991	Masyarakat
	H'	0,0418	Masyarakat dan Pekerja
	I'	0,0560	Pekerja
	J'	0,0305	Pekerja
	K'	0,0259	Masyarakat
	L'	0,0328	Masyarakat

Dosis selama seminggu dalam ruangan pada masing-masing titik ukur melebihi batas dosis yang diijinkan selama seminggu baik untuk pekerja dan masyarakat. Dosis luar ruangan untuk pekerja pada titik I' dan J' memiliki dosis selama seminggu dibawah batas dosis yang ditetapkan oleh Perka BAPETEN, pada titik G', K' dan L'. memiliki dosis selama seminggu melebihi batas dosis yang ditetapkan oleh KEMENKES.

Namun perlu diperhatikan bahwa pada kondisi di lapangan masyarakat tidak berada lama pada titik ukur G' karena titik tersebut merupakan koridor umum selain itu masyarakat yang melintasinya daerah tersebut selalu berganti-ganti, berdasarkan di lapangan maksimum masyarakat berada di koridor umum tiap harinya adalah 1 menit maka akumulatif dosis yang diterima masyarakat dalam seminggu pada titik ukur tersebut sebesar

0,00020 mSv. Begitu pula dengan titik ukur K' berupa dinding dan L' berupa pintu yang merupakan ruang tunggu pasien dimana jarak kursi tunggu terhadap titik ukur K' dan L' lebih dari 1 meter selain itu berdasarkan pengamatan titik ukur K' dan L' jarang dihuni oleh masyarakat karena masyarakat cenderung memilih duduk untuk menunggu pasien yang akan diekspose daripada berdiri dengan bersandar tembok atau pintu selain itu bila ditinjau dari seberapa lama pasien menempati ruang tersebut, terlihat bahwa masyarakat maksimum berada di ruang tunggu tiap harinya adalah 17 menit maka bila diakumulatif, dosis yang diterima masyarakat dalam seminggu pada titik ukur tersebut sebesar 0,0010 mSv pada titik ukur K' dan 0,0013 mSv pada titik ukur L'. Berdasarkan uraian dari kondisi di lapangan tersebut dapat ditarik garis besar bahwa dosis yang diterima masyarakat pada titik ukur G', K' dan L' tersebut masih dibawah batas dosis yang ditetapkan untuk masyarakat.

Titik ukur H' yang dihuni oleh masyarakat dan pekerja (ruang pemeriksaan USG) melebihi batas dosis yang ditentukan untuk masyarakat tetapi memenuhi batas dosis untuk pekerja, meskipun demikian titik huni masyarakat terhadap titik ukur H' berada kurang lebih 1 meter dan atas dasar pertimbangan masyarakat dalam hal ini pasien setiap harinya selalu berganti-ganti. Keberadaan pasien di ruang tunggu tiap harinya adalah 0,5 jam maka bila diakumulatif, dosis yang diterima masyarakat dalam seminggu pada titik ukur tersebut sebesar 0,0030 mSv yang artinya memiliki dosis dibawah batas dosis yang ditetapkan.

Tabel 3. Ketebalan perisai ruang digital radiografi

Jenis Perisai	Posisi Titik Ukur	Ketebalan Pb (mm)			Tebal Terhitung Berdasarkan Laju Dosis	Ketebalan Perisai yang Terpasang
		NCRP 49	NCRP 147	BIR		
Sekunder	A'	0,500	0,170	0,00980	0,987	15 cm bata+2mmPb
	B'	0,0500	0,0879	0,00150	1,15	15 cm bata+2mmPb
	C'	0,250	0,121	0,0699	1,08	6 cm kaca Pb
	D'	0,000	0,000	0,000	0,991	15 cm bata+2mmPb
Primer	E'	0,950	0,440	0,550	0,797	15 cm bata+2mmPb
	F'	1,00	0,469	0,650	0,898	3,5 cm kayu+2mmPb

Ketebalan perisai berdasarkan ketentuan NCRP 49, NCRP 147 dan BIR memiliki ketebalan yang lebih tipis dibandingkan dengan ketebalan perisai yang terpasang. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan perisai yang terpasang telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh ketentuan NCRP 49, NCRP 147, BIR dan tebal terhitung berdasarkan laju dosis.

Bila dilihat berdasarkan masing-masing perisai pada ketentuan NCRP 49, NCRP 147 dan BIR maka dapat terlihat bahwa ketebalan perisai paling tebal adalah ketebalan perisai yang dihitung berdasarkan ketentuan NCRP 49 kecuali ketebalan perisai pada titik ukur B' paling tebal jika dihitung berdasarkan pada metode NCRP 147.

Pada dasarnya bila ditinjau dari konsep awal pertimbangannya dapat dengan jelas diketahui bahwa ketebalan perisai berdasarkan NCRP 49 memiliki ketebalan perisai yang paling tebal diantara yang lain karena penentuan ketebalan perisai NCRP 49 yang berpedoman pada dosis ekuivalen sedangkan ketentuan NCRP 147 dan BIR berpedoman pada dosis efektif dimana dosis ekuivalen memiliki nilai lebih besar daripada dosis efektif karena dosis ekuivalen hanya memperhatikan kerusakan biologis terhadap jenis radiasinya saja sedangkan dosis efektif selain memperhatikan jenis radiasi juga memperhatikan kesensitifan organ manusia menimbulkan efek stokastik, sehingga jika dosis yang ditentukan lebih besar maka semakin tebal perisai yang diperlukan.

Titik ukur B' memiliki ketebalan perisai paling besar jika dihitung berdasarkan ketentuan NCRP 147 salah satunya disebabkan oleh penentuan jangkauan radiasi sekunder yang paling pendek dibandingkan penentuan jangkauan radiasi sekunder yang ditentukan oleh ketentuan NCRP 49 dan BIR.

Ketebalan perisai yang terhitung berdasarkan laju dosis hanya bergantung pada kemampuan bahan menyerap radiasi (μ) dan laju dosis yang terukur serta mengabaikan faktor hunian, faktor kegunaan, dll maka ketebalan perisai yang terhitung berdasarkan laju dosis sangat tebal. Sehingga bila ditinjau dari hasil ketebalan perisai yang terhitung berdasarkan laju dosis memiliki ketebalan lebih tebal. Selain itu hasil ketebalan perisai berdasarkan NCRP 49 paling mendekati dengan hasil ketebalan perisai yang terhitung berdasarkan laju dosis, karena NCRP dan laju dosis sama-sama menggunakan pertimbangan dosis ekuivalen.

Tabel 4. Evaluasi hasil laju dosis setelah melewati ketebalan perisai masing-masing metode pada ruang digital radiografi

Titik Ukur	Laju dosis setelah melewati perisai \dot{D} ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)			Dosis yang diterima selama seminggu (mSv)		
	NCRP 49	NCRP 147	BIR	NCRP 49	NCRP 147	BIR
G'	44,39	102,8	215,4	0,4661	0,8633	1,809
H'	169,9	133,1	198,4	7,134	2,796	8,335
I'	88,85	114,5	144,6	3,732	4,808	6,072
J'	70,79	70,79	70,79	0,7433	0,5946	0,5946
K'	1,117	3,207	1,887	0,002932	0,006734	0,003963
L'	1,916	5,661	2,390	0,005030	0,01189	0,005019

Hasil laju dosis setelah melewati ketebalan perisai yang dihitung berdasarkan ketebalan masing-masing ketentuan (NCRP 49, NCRP 147 dan BIR) terlihat bahwa laju dosis paling rendah didominasi pada ketentuan NCRP 49 untuk semua titik ukur, kecuali titik ukur H' yang memiliki laju dosis paling rendah pada ketentuan NCRP 147. Selain itu dosis yang diterima masing-masing titik ukur terlihat bahwa titik ukur yang hanya berpenghuni masyarakat yaitu titik ukur G' diatas 0,02 mSv/minggu sedangkan titik ukur K' dan L' memiliki dosis yang diterima selama seminggu dibawah 0,02 mSv/minggu. Titik ukur yang dihuni hanya pekerja yaitu titik ukur I' dan J' memiliki dosis yang diterima diatas 0,4 mSv/minggu. Sedangkan titik ukur H' yang dihuni masyarakat dan pekerja memiliki dosis yang diterima dalam seminggu diatas 0,4 mSv/minggu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa setelah didapatkan ketebalan perisai masing-masing ketentuan atau metode didapatkan hasil ketebalan perisai primer dengan bahan Pb pada NCRP 49 sebesar 1,00 mm, NCRP 147 sebesar 0,469 mm dan BIR sebesar 0,650 mm. Sedangkan hasil ketebalan perisai sekunder berbahan Pb pada NCRP 49 sebesar 0,500 mm, NCRP 147 sebesar 0,170 mm, dan BIR sebesar 0,00980 mm.

Hasil pengukuran laju dosis dalam dan luar ruangan menghasilkan ketebalan perisai berdasarkan laju dosis pada perisai primer berbahan Pb didapatkan 0,898 mm dan ketebalan perisai sekunder berbahan Pb sebesar 0,987 mm. Hasil ketebalan perisai berdasarkan NCRP 49 paling mendekati dengan hasil ketebalan perisai yang dihitung berdasarkan laju dosis.

Berdasarkan hasil perhitungan laju dosis yang dihitung setelah melewati perisai primer didapatkan laju dosis pada NCRP 49, NCRP 147 dan BIR dibawah batas dosis yang ditentukan, sedangkan laju dosis yang dihitung setelah melewati perisai sekunder melebihi batas dosis yang ditetapkan. Bila ditinjau dari ketebalan perisai yang terpasang terlihat bahwa laju dosis luar ruangan yang terdeteksi telah dibawah batas dosis yang ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing, orang tua dan teman saya yang membantu dalam pengambilan data ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Pesianian,I., Mesbahi,A., dan Shafae,A., 2009, Perisai evaluation of a typical radiography department: a comparison between NCRP reports No.49 and 147, *Iran.J. Radiat. Res.*, 6(4), Hlm. 183-188.
- [2].Bushberg,J.T., J.Anthony,S., Edwin,M., Leidholdt, dan John,M., Boone, 2002, *The Essential Physics*

- For Medical Imaging*, Second Edition, Lippincot Williams & Wilkins, Philadelphia.
- [3].Hendee,W.R., dan E.R. Ritnour, 2002, *Medical Imaging, Fourth Edition*, A JOHN WILEY & SONS, INC., New York.
- [4].NCRP report No. 49,1976 ,*Structural Perisai Design and Evaluation for Medical Use of X-rays and Gamma Rays a Energies up to 10 Mev'*.
- [5].NCRP report No. 147, 2000 ,*Structural Perisai Design for Medical X-ray Imaging Facilities*.
- [6].Radiological Protectio InSTITUTE of Ireland, 2009, *The Design of Diagnostic Medical acilities where Ionosong Radiation is used*, RPII, Ireland.