

PEMBUATAN KURVA ISODOSIS PAPARAN RADIASI DI RUANG PEMERIKSAAN INSTALASI RADIOLOGI RSUD KABUPATEN KOLAKA - SULAWESI TENGGARA

Syahria¹, Evi Setiawati² dan K Sofjan Firdausi²

¹*instalasi radiologi (radiodiagnostik) RSUD kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara*

²*Laboratorium Fisika Atom dan Nuklir Jurusan Fisika UNDIP*

Abstract

It have been conducted research about the influence of distance variability between secondary radiation source and the determining spot to scatter radiation exposure in the inspection room I radiology instalation RSUD Kolaka – South East Sulawes, it producted isodose curve .This research use phantom, in the form of water in the plastic container high 40 cm and width 21 cm, with exposure wide 30 × 40 cm. Exposure condition is given by fixed expose factor covering of tube voltage 90 kV, tube current 150 mA and exposure time 0.8 second. Sample in this research is distance of 1 meter; 1,5 meter and 2 meter from the secondary radiation source to the determining spot, which measuring the scatter radiation exposure is directly conducted by the survey meter measuring instrument.The result of research indicates that the amount of the scattered radiation exposure will downhill progresivley to addition distance, so it can know the points/places that safe to the scatter radiation exposure. It can also know the maximum time limit allowed for a radiator worker in the inspection room I.

Keywords : *Isodose Curve , Phantom, Expose factor, Scatter radiation exposure.*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengaruh variasi jarak antara sumber radiasi sekunder dengan titik pengukuran terhadap paparan radiasi hambur pada ruang pemeriksaan I instalasi radiologi RSUD kabupaten Kolaka – Sulawesi Tenggara sehingga dihasilkan suatu kurva isodosis .Penelitian ini menggunakan phantom, berupa air dalam wadah ember plastik dengan tinggi 40 cm dan lebar 21 cm,dengan luas lapangan penyinaran 30 × 40 cm. Kondisi penyinaran diberikan dengan faktor eksposi tetap meliputi tegangan tabung 90 kV, arus tabung 150 mA dan waktu penyinaran 0,8 detik. Sampel dalam penelitian adalah jarak 1 meter; 1,5 meter dan 2 meter dari sumber radiasi sekunder ke titik pengukuran, pengukuran paparan radiasi hambur dilakukan secara langsung dengan alat ukur survey meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah paparan radiasi hambur akan semakin menurun terhadap penambahan jarak, sehingga dapat mengetahui titik-titik/tempat yang aman terhadap paparan radiasi hambur. Juga dapat mengetahui batas waktu maksimum yang diperkenankan bagi seorang pekerja radiasi untuk berada dalam ruang pemeriksaan I.

Kata kunci : *Kurva Isodosis , Phantom, Faktor eksposi, Survey meter, Paparan radiasi hambur.*

PENDAHULUAN

Secara umum radiasi adalah pemancaran energi dalam bentuk gelombang atau partikel yang dipancarkan oleh sumber radiasi atau zat radioaktif. Karena energinya yang cukup besar, maka radiasi tertentu dapat menimbulkan ionisasi di sepanjang lintasannya, sehingga radiasi tersebut dinamakan radiasi pengion. Salah satu

contoh radiasi pengion yaitu sinar-X. Radiasi sinar-X yang melewati suatu obyek/jaringan akan menimbulkan hamburan (scatter). Radiasi hamburan ini terdiri atas radiasi primer dan radiasi sekunder. Radiasi primer adalah radiasi yang berjalan dari tabung sinar-X, kemudian melalui pasien (obyek) dengan tidak mengalami perubahan arah namun jumlahnya berkurang. Sedangkan

radiasi sekunder adalah radiasi yang keluar dari obyek dan tidak searah dengan sinar primernya.

Radiasi sinar-X dihasilkan oleh tabung pesawat sinar-X. Karena sumbernya berasal dari luar tubuh manusia, maka radiasi sinar-X merupakan radiasi eksternal. Dalam hal proteksi radiasi eksternal, terdapat tiga teknik untuk mengontrol terhadap penerimaan radiasi khususnya bagi pekerja radiasi yaitu memaksimalkan jarak, meminimalkan waktu dan pemakaian perisai radiasi [1]. Melihat adanya kemungkinan diperolehnya akibat negatif dari radiasi pengion, maka dalam hal keselamatan radiasi ini jarak merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mengurangi radiasi yang diterima.

Selama ini instalasi radiologi (radiodiagnostik) RSUD kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara khususnya pada ruang pemeriksaan I mempunyai frekuensi pemakaian yang cukup tinggi oleh pekerja radiasi. Dan salah satu upaya pengamanan radiasi untuk melindungi para pekerja radiasi, dari bahaya radiasi yang ditimbulkan akibat penggunaan zat radioaktif dan atau sumber radiasi lainnya adalah dengan melakukan pengukuran paparan radiasi di instalasi radiologi secara periodik pada area tertentu dari sumber radiasi dan juga sebagai kontrol kualitas terhadap alat-alat yang digunakan.

Untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap paparan radiasi dapat digambarkan dalam bentuk kurva isodosis. Kurva isodosis, adalah kurva yang memperlihatkan gambaran paparan radiasi yang dihasilkan dari pesawat sinar-X seperti bentuk sarang laba-laba dengan titik-titik yang menunjukkan besarnya paparan radiasi dengan jarak-jarak tertentu, sehingga didapatkan nilai jarak yang aman dan waktu paparan yang diperbolehkan agar para pekerja

aradiasi mendapat paparan di bawah batas aman yang diperbolehkan.

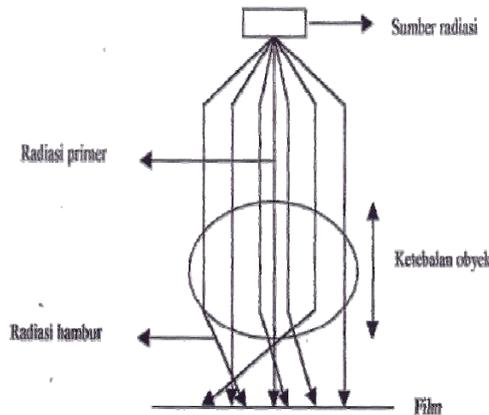
Tujuan penelitian ini adalah untuk untuk mengetahui jumlah paparan radiasi hambur yang diterima pada suatu titik/tempat tertentu dan untuk menentukan batas waktu maksimum yang diperkenankan bagi pekerja radiasi bila berada pada titik/tempat tersebut, sehingga dapat meyakinkan bahwa pekerjaan atau kegiatan yang berkaitan dengan penyinaran dapat dibenarkan dalam bentuk suatu kurva isodosis .

DASAR TEORI

Hamburan (Scatter)

Suatu partikel bila dikenai oleh radiasi, akan menjadi titik awal dari radiasi baru yang dipancarkan ke segenap penjuru. Hal ini juga berlaku terhadap radiasi sinar-X, apabila sinar-X mengenai suatu bahan/obyek sebagian lagi akan dihamburkan. Radiasi hambur (Scatter radiation) adalah sebagian radiasi yang membias/menyimpang dari radiasi sumber dan sebagian radiasi yang berubah karena energi radiasi yang ditransfer yang pada akhirnya radiasi tersebut akan kehilangan energi dan panjang gelombangnya menjadi lebih panjang dari radiasi primer [2].

Proses hamburan ditemukan oleh Compton tahun 1922 sebagai efek Compton (Compton effect) yang dikenal dengan hamburan Compton (Compton scatter). Dalam radiografi tidak semua foton diserap atau diteruskan oleh obyek/pasien, tetapi sebagian dihamburkan, seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi sinar-X yang melewati obyek terdiri dari radiasi primer dan hambur [3]

Hal ini menyebabkan beberapa foton mula-mula digantikan oleh foton yang lain dengan jalan dan arah berbeda serta daya tembusnya berkurang. Foton hambur mempunyai energi yang lebih kecil dari foton primer. Meskipun radiasi hambur bergerak ke segala arah akan tetapi paling sedikit setengahnya bergerak menuju film dengan arah yang sama dengan berkas sinar primer.

Hamburan terdiri atas hamburan Compton dan hamburan klasik. Hamburan terjadi apabila foton sinar-X menumbuk elektron yang semula dalam keadaan diam dan mengalami hamburan dari arah semula. Sedangkan elektronnya menerima impuls dan mulai bergerak, sebagian energi radiasi diberikan pada elektron, sehingga keluar dari atom dan sisa energinya dilepaskan kembali dalam bentuk radiasi elektromagnetik.

Dalam radiologi, sinar-X yang dihamburkan merupakan hamburan primer (penghamburan yang sama dengan radiasi primer), hamburan sekunder (penghamburan yang lebih besar dari hamburan primer), hamburan tersier (penghamburan yang berasal dari tabung sinar-X), dan hamburan kuarter.

Dalam tumbukan ini foton dapat dipandang sebagai partikel yang kehilangan sejumlah energi yang

besarnya sama dengan energi kinetik (K) yang diterima oleh elektron, walaupun sebenarnya kita mengamati dua foton yang berbeda. Jika foton semula mempunyai frekuensi ν , maka foton hambur mempunyai frekuensi yang lebih rendah ν' , sehingga kehilangan energi foton sama dengan energi yang diterima elektron dinyatakan dengan rumus [4]:

$$h\nu - h\nu' = K \dots \dots \dots (2.1)$$

h adalah konstanta Planck = $6,63 \times 10^{-34}$ J.s

Terjadinya Hamburan

Agar dapat memahami dasar fisika yang berguna untuk keperluan dosimeter radiasi dan perlindungan radiasi, seorang ahli fisika kesehatan harus memahami mekanisme-mekanisme interaksi radiasi dengan materi/bahan, yang merupakan proses terjadinya hamburan. Interaksi-interaksi tersebut melibatkan suatu proses pemindahan energi dari radiasi tersebut ke materi, baik ke jaringan ataupun ke suatu pelindung radiasi yang akan dihamburkan sebagai panas.

Ada lima kemungkinan yang dapat terjadi akibat interaksi radiasi dengan bahan/materi tergantung besarnya energi foton yang mengenai suatu atom/materi tersebut, yaitu hamburan klasik (*Coherent scattering*), efek fotolistrik (*Photoelectric effect*), hamburan Compton (*Compton scattering*), pembentukan pasangan (*Pair production*) dan foto disintegrasi (*Photo disintegration*).

Dosimetri Radiasi

Dosimetri radiasi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari berbagai besaran dan satuan dosis radiasi, saedangkan pengertian dosis radiasi adalah kuantisasi dari proses yang ditinjau sebagai akibat radiasi mengenai materi.

Sama halnya dengan besaran-besaran fisika lainnya, radiasi juga mempunyai ukuran atau satuan untuk menunjukkan besarnya pancaran radiasi dari suatu sumber, atau menunjukkan banyaknya dosis radiasi yang diberikan atau diterima oleh suatu medium yang terkena radiasi. Radiasi mempunyai satuan karena radiasi itu membawa atau mentransfer energi dari sumber radiasi yang diteruskan kepada medium yang menerima radiasi. Berikut ini beberapa besaran-besaran dan satuan-satuan dasar dalam dosimetri:

Paparan/Eksposure/Penyinaran (X)

Adalah kemampuan radiasi sinar-X atau sinar- γ untuk melakukan ionisasi di udara. Satuannya yaitu Roentgen atau R , dimana 1 R adalah besarnya penyinaran yang dapat menyebabkan terbentuknya muatan listrik pada satu elemen volume udara pada kondisi temperatur dan tekanan normal. Dalam rekomendasi ICRP nomor 26 tahun 1977, besaran penyinaran ini tidak dipakai lagi. Salah satu alasannya adalah ruang lingkup yang sangat terbatas, yaitu hanya berlaku untuk satu jenis radiasi (foton) dan satu jenis medium (udara) saja.

Dosis Serap (D)

Adalah energi rata-rata yang diberikan oleh radiasi penganon ke materi persatuan massa. Satuannya yaitu Rad (Radiation absorbed dose). Kelemahan dari dosis serap ini ialah tidak berlaku untuk medium makhluk hidup, tetapi dalam hal proteksi radiasi dosis serap merupakan besaran dasar. Dalam rekomendasi ICRP nomor 26 tahun 1977, satuan Rad diganti menjadi Gray (Gy) dimana 1 Gy sama dengan 100 Rad [5].

Dosis Ekuivalen (H)

Adalah dosis serap yang dirata-ratakan untuk seluruh jaringan atau

organ dan tergantung pada kualitas radiasinya (Q). Satuannya yaitu Rem (Roentgen equivalent man). Jadi pada prinsipnya dosis ekuivalen adalah dosis serap yang telah dibobot , yaitu dikalikan dengan faktor bobotnya (kualitas radiasi). Untuk sinar-X dan sinar- γ faktor kualitasnya sama dengan 1. Dalam proteksi radiasi, besaran dosimetri yang lebih berguna adalah dosis ekuivalen karena berhubungan langsung dengan efek biologi. Jadi besaran dosis ekuivalen lebih banyak digunakan berkaitan dengan pengaruh radiasi terhadap tubuh manusia atau sistem biologi lainnya. Sama halnya dengan dosis serap, dalam rekomendasi ICRP nomor 26 tahun 1977, satuan Rem diganti menjadi Sievert (Sv) dimana 1 Sv sama dengan 100 Rem.

Proteksi terhadap Radiasi Eksternal

Proteksi radiasi merupakan suatu cabang ilmu pengetahuan dan teknik yang mempelajari masalah kesehatan manusia maupun lingkungan dan berkaitan dengan pemberian perlindungan kepada seseorang atau sekelompok orang ataupun kepada keturunannya, terhadap kemungkinan yang merugikan kesehatan akibat paparan radiasi sekecil mungkin serta agar radiasi tersebut tidak membahayakan manusia yang terkena radiasi.

Falsafah baru tentang proteksi radiasi baru muncul setelah publikasi oleh International Commission on Radiological Protection atau disingkat ICRP no. 26 tahun 1977, untuk mencapai tujuan proteksi yaitu terciptanya keselamatan dan kesehatan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan.

Dengan adanya falsafah baru tentang proteksi radiasi tersebut, maka untuk mengurangi dosis yang diterima khususnya bagi pekerja radiasi terhadap radiasi eksternal diperlukan 3 (tiga)

prinsip dasar, yaitu memaksimalkan jarak, meminimalkan waktu dan penggunaan perisai radiasi[1].

Faktor Jarak

Dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi akan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara suatu titik dengan sumber radiasi, sehingga semakin jauh jarak pekerja semakin sedikit dosis yang diterima [5].

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan D1 adalah dosis mula-mula yang diterima oleh pekerja radiasi pada suatu titik tertentu, D2 adalah dosis yang diterima setelah perubahan, r1 adalah jarak mula-mula pekerja radiasi terhadap sumber radiasi, r2 adalah jarak setelah perubahan.

Faktor Waktu

Semakin lama seorang pekerja radiasi bekerja dalam medan radiasi maka semakin besar dosis radiasi yang diterima, bila waktu semakin pendek maka dosis yang diterima semakin kecil pula. Sehingga dalam bekerja dengan sumber radisasi harus sesingkat dan seefektif mungkin.

$$D_t = D_0 t \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan Dt adalah dosis yang diterima oleh pekerja radiasi, D0 adalah laju dosis serap dalam medan radiasi, t adalah waktu yang digunakan pekerja radiasi selama berada di medan radiasi.

Faktor Pelindung atau Perisai Radiasi

Penggunaan perisai radiasi yang ditempatkan di antara sumber radiasi dan pekerja radiasi adalah salah satu cara untuk melindungi seseorang terhadap penerimaan dosis radiasi yang berlebihan. Prinsip perisai radiasi adalah mengurangi fluks radiasi akibat interaksi antara radiasi dengan bahan perisai. Semakin besar nomor atom atau semakin tebal bahan perisai radiasi, maka

semakin baik dalam penyerapan radiasi [5].

Pada sumber radiasi yang memancarkan sinar-X, bahan utama yang umum digunakan sebagai pelindung dari radiasi adalah timah hitam atau timbal (Pb) dan sifatnya harus mampu melemahkan intensitas radiasi.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di instalasi radiologi RSUD kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara dan laboratorium Fisika Atom dan Nuklir Jurusan Fisika UNIP.

Alat dan Bahan

1. Pesawat sinar-X.
2. Populasi dan Sampel.
3. Meteran.
4. Survey meter .
5. Obyek phantom.
6. Baja pelindung radiasi (*lead apron*).
7. Dinding pelindung radiasi sekunder setara 2,3 mm Pb.

Variabel Penelitian

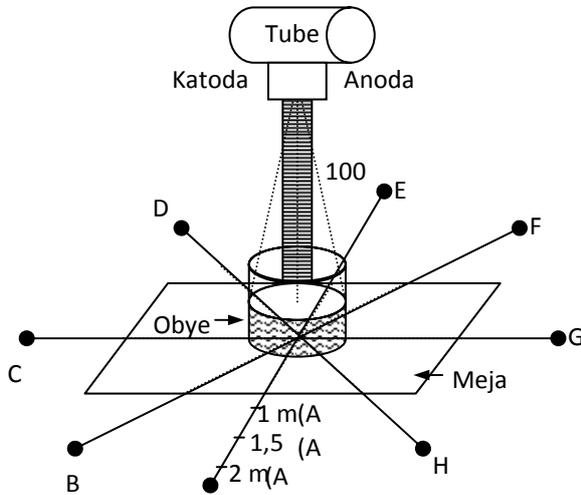
a. Variabel bebas.

Variabel bebas berupa jarak antara sumber radiasi sekunder dengan titik pengukuran, yang dibuat bervariasi pada titik-titik terukur di sekitar ruang pesawat sinar-X.

b. Variabel terikat.

Variabel terikat berupa jumlah paparan radiasi hambur yang nilainya dapat di ukur melalui survey meter.

Prosedur Penelitian



Gambar 2. Posisi titik pengukuran hamburan sekunder dengan survey meter

Penentuan titik pengukuran hamburan sekunder dengan menggunakan survey meter sebanyak 24 titik (8 titik secara melingkar, dan masing-masing titik terdapat 3 jarak menjauh yaitu 1m, 1,5 m dan 2 m)

Dari hasil pengukuran paparan radiasi diperoleh data-data yang kemudian dianalisis dan selanjutnya dari data tersebut dibuat grafik. Untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap paparan radiasi dapat digambarkan dalam bentuk kurva isodosis.

Kurva isodosis, adalah kurva yang memperlihatkan gambaran paparan radiasi yang dihasilkan dari pesawat sinar-X seperti bentuk sarang laba-laba dengan titik-titik yang menunjukkan besarnya paparan radiasi dengan jarak-jarak tertentu.

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Hamburan dengan Survey Meter

Hasil pengukuran laju paparan dari ke 24 titik disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Laju paparan radiasi setelah dikonversi dalam satuan Rem/h

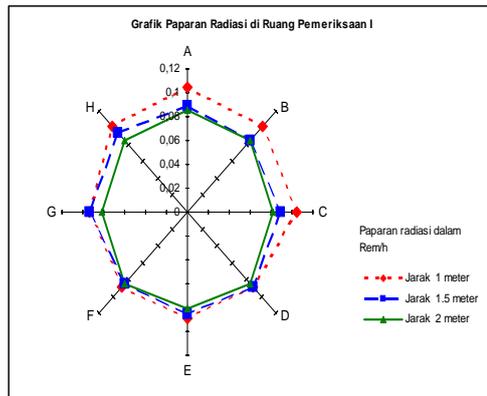
No	Lintasan pengukuran	Paparan radiasi (Rem/h) berdasarkan jarak		
		1 meter	1,5 meter	2 meter
1	A	0,103999	0,088588	0,084831
2	B	0,100701	0,084831	0,084831
3	C	0,103999	0,088588	0,081075
4	D	0,088588	0,088588	0,084831
5	E	0,088588	0,084831	0,080615
6	F	0,088588	0,084831	0,084831
7	G	0,092805	0,092805	0,081075
8	H	0,100701	0,092805	0,084731

Dari ke delapan lintasan tersebut paparan radiasi yang terbesar yaitu di titik A1 dan C1 yang besarnya 0,103999 Rem/h pada jarak, hal ini disebabkan karena titik A1 terletak di depan tabung sinar-X sedangkan titik C1 terletak di samping kanan (katoda) tabung sinar-X, juga karena tidak adanya medium penghalang sehingga radiasi sinar-X pun tidak ada yang menyerap, dan semakin dekat jarak dengan sumber radiasi maka dosis paparan radiasi yang diterima akan semakin besar.

Pembuatan Kurva Isodosis

Perubahan radiasi hambur sekunder terhadap variasi jarak antara radiasi sekunder dengan titik pengukuran berdasarkan data tabel di atas dapat ditampilkan pada grafik berupa kurva isodosis, seperti terlihat pada gambar 3 .

Pembuatan kurva isodosis bertujuan untuk mencari titik/tempat yang memiliki dosis paparan paling tinggi dan paling rendah untuk masing-masing jarak. Dengan adanya kurva isodosis, 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.



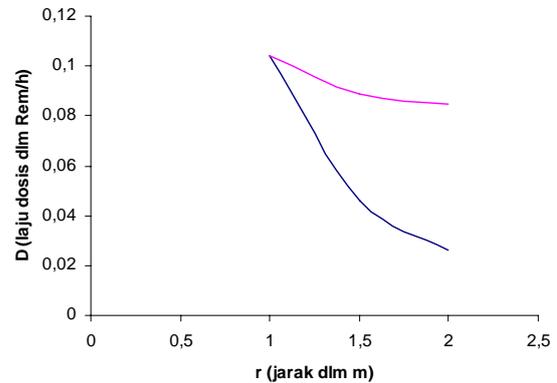
Gambar 3. Kurva isodosis paparan radiasi di ruang pemeriksaan I instalasi radiologi RSUD kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara

Kurva isodosis dapat digunakan sebagai acuan dalam upaya proteksi radiasi khususnya di ruang pemeriksaan I pada instalasi radiologi RSUD kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara.

Pengaruh Variasi Jarak antara Sumber Radiasi Sekunder dengan Titik Pengukuran terhadap Paparan Radiasi

Hasil dari variasi jarak sumber radiasi sekunder terhadap titik pengukuran dapat dilihat pada gambar 4 dan 5. Dari kedua gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak pengukuran terhadap sumber maka laju paparannya semakin kecil, hal ini sesuai dengan hukum kuadrat jarak, yaitu dosis radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

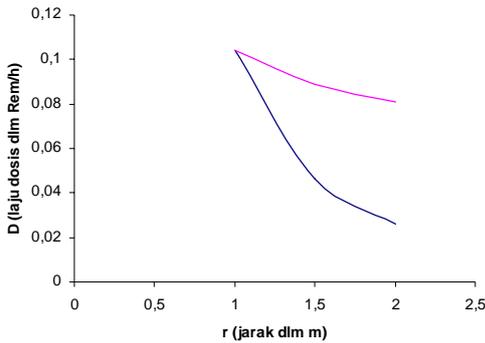
Pada gambar 2 terlihat bahwa lintasan A, B dan H terletak di depan tabung pesawat sinar-X, kemudian lintasan D, E dan F terletak di belakang tabung pesawat sinar-X, sedangkan lintasan C dan G masing-masing di samping kanan dan kiri dari tabung pesawat sinar-X.



Gambar 4: Grafik Laju Paparan Radiasi

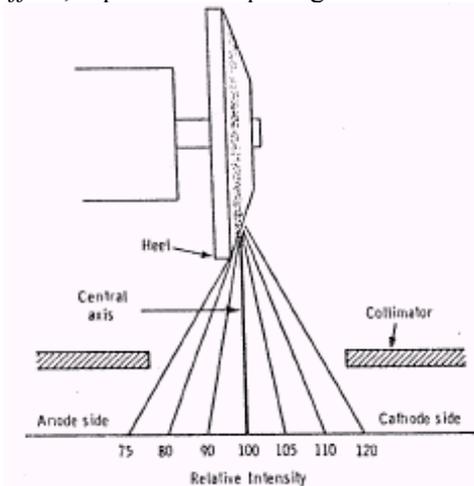
Berdasarkan Jarak untuk Lintasan A Dari ke delapan lintasan tersebut paparan radiasi yang terbesar yaitu di titik A1 dan C1 yang besarnya 0,103999 Rem/h pada jarak, hal ini disebabkan karena titik A1 terletak di depan tabung sinar-X sedangkan titik C1 terletak di samping kanan (katoda) tabung sinar-X, juga karena tidak adanya medium penghalang sehingga radiasi sinar-X pun tidak ada yang menyerap, dan semakin dekat jarak dengan sumber radiasi maka dosis paparan radiasi yang diterima akan semakin besar.

Dan dari ke delapan lintasan tersebut paparan radiasi yang terkecil yaitu di titik E3 yang besarnya 0,080615 Rem/h, hal ini disebabkan karena titik E3 terletak di belakang tabung sinar-X, maka untuk mencapai titik E3 terhalangi oleh bodi atau tiang dari pesawat sinar-X sehingga radiasi hambur sudah diserap oleh tiang tersebut, kemudian oleh sifat sinar-X yang apabila berhasil menembus suatu bahan/materi maka akan terjadi pengurangan intensitas pancaran radiasi, dan semakin jauh jarak dengan sumber radiasi maka dosis paparan radiasi yang diterima akan semakin kecil.



Gambar 5 Grafik Laju Paparan Radiasi Berdasarkan Jarak untuk Lintasan C

Perbedaan dosis paparan radiasi yang diterima pada suatu titik juga dapat disebabkan karena adanya pengaruh *heel effect*, seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Fenomena *heel effect*

Heel effect adalah suatu fenomena dimana intensitas radiasi pada sisi katoda akan lebih besar daripada sisi anoda tetapi intensitasnya tertinggi pada pusat sinar. Perbedaan penyebaran intensitas sinar-X yang tidak merata di sepanjang sumbu longitudinal tabung disebabkan karena sinar-X lebih banyak dipantulkan ke arah katoda (-) sedangkan pada bagian anoda (+) lebih sedikit karena anoda merupakan sumber dari sinar X.

Hubungan Paparan Radiasi Hambur pada Tingkat Keselamatan Kerja bagi Pekerja Radiasi

Melihat adanya pengaruh yang dapat timbul pada sistem biologi akibat dosis radiasi, maka upaya proteksi radiasi terhadap pekerja radiasi ditujukan untuk membatasi peluang terjadinya efek stokastik dan mencegah terjadinya efek non stokastik.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa pada titik A1 dan C1 memiliki nilai paparan radiasi terbesar yaitu 0,103999 Rem/h. Sedangkan titik D1, E1 dan F1 memiliki nilai paparan radiasi terkecil yaitu 0,088588 Rem/h.

Pada titik G2 dan H2 memiliki nilai paparan radiasi terbesar yaitu 0,092805 Rem/h. Sedangkan titik B2, E2 dan F2 memiliki nilai paparan radiasi terkecil 0,084831 Rem/h.

Pada titik A3, B3, D3 dan F3 memiliki nilai paparan radiasi terbesar yaitu 0,084831 Rem/h. Sedangkan titik E3 memiliki nilai paparan radiasi terkecil yaitu 0,080615 Rem/h.

Dengan menggunakan rumus (2.3) yang berhubungan pada faktor waktu yaitu $Dt = D_0 t$, maka dapat diketahui tingkat bahaya radiasi pada ruang pemeriksaan I. Misalnya pada titik A1 dan C1 yang merupakan titik rawan karena memiliki laju paparan radiasi terbesar, apabila seorang pekerja radiasi berada pada titik tersebut selama 5 menit dalam satu hari, maka dosis radiasi yang diterima sebesar 0,008666583 Rem setiap harinya. Jadi dalam setahun dosis yang diterima sebesar 3,163302917 Rem.

Begitu pula pada titik E3 yang merupakan titik paling aman karena memiliki laju paparan radiasi terkecil, apabila seorang pekerja radiasi berada pada titik tersebut selama 5 menit dalam satu hari, maka dosis radiasi yang diterima sebesar 0,006717916 Rem

setiap harinya. Jadi dalam setahun dosis yang diterima sebesar 2,452039583 Rem.

Jadi, dari jarak yang terdekat (1 meter) dan jarak yang terjauh (2 meter), laju paparanradiasi atau laju dosis radiasi yang diterima pada suatu titik/tempat dalam ruang pemeriksaan I masih dalam batas yang diperkenankan. Kecuali bila seorang pekerja radiasi berada di dalam ruang tersebut melebihi dari batas waktu maksimum yang telah ditetapkan. Dan dengan menggunakan rumus (2.3) yang berhubungan pada faktor waktu yaitu $Dt = D_0 t$, maka dapat ditetapkan batas waktu maksimum yang diperkenankan bagi pekerja radiasi untuk berada dalam ruang pemeriksaan I, seperti yang diperlihatkan pada tabel 2 .

Seperti diketahui bahwa dosis yang tinggi dapat menimbulkan efek seketika. Hal ini menunjukkan bahwa dosis yang diperkenankan bukan berarti tidak dapat memberikan resiko bahaya radiasi, akan tetapi dosis yang rendah namun berulang terus-menerus juga akan menimbulkan efek tertunda. Sehingga dalam menerapkan sistem pembatasan dosis harus dipertimbangkan dosis terikat yang dapat berasal dari kegiatan masa kini maupun masa yang akan datang.

Tabel 2. batas waktu maksimum yang diperkenankan bagi pekerja radiasi berada pada suatu titik tertentu

No	Lintasan pengukuran	Batas waktu maksimum yang diperkenankan dalam satu hari berdasarkan jarak (menit)		
		1 m	1,5 m	2 m
1	A	7	9	9
2	B	8	9	9
3	C	7	9	10
4	D	9	9	9
5	E	9	9	10
6	F	9	9	9
7	G	8	8	10
8	H	8	8	9

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada kondisi penyinaran dengan faktor eksposi tetap meliputi tegangan tabung 90 kV, arus tabung 150 mA dan waktu penyinaran 0,8 detik, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dihasilkan suatu kurva isodosi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan upaya proteksi radiasi (mengetahui jarak dan waktu yang paling aman) bagi pekerja radiasi khususnya bagi petugas radiologi RSUD kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara.
2. Pada titik A1 dan C1 yang merupakan tempat paling **rawan** karena memiliki laju paparan radiasi terbesar, seorang pekerja radiasi hanya diperkenankan berada dalam ruang pemeriksaan I selama 7 menit dalam 1 hari.
3. Pada titik E3 yang merupakan tempat paling **aman** karena memiliki laju paparan radiasi terkecil, seorang pekerja radiasi hanya diperkenankan berada dalam ruang pemeriksaan I selama 10 menit dalam 1 hari.

Daftar Pustaka

- [1] Akhadi, M., “Dasar-Dasar Proteksi Radiasi”, Edisi I, Rineka Cipta, Jakarta. 2000
- [2] Plaats, V. D., G. J., “Medical X-Ray Technique” , Third Revised and Erlarged Edition, 1972.
- [3] Meredith, W. J., and Massey J. B., “Fundamental Physics of Radiology”, John Wright and Sons, Bristol, 1977.
- [4] Beiser, A.,” Konsep Fisika Modern”, Edisi 3, Terjemahan The Houw Liong, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.

[5] Wiryosimin, S., “Mengenal Asas Proteksi Radisi”, Penerbit ITB Bandung, 1995.

[6] Bushong, S., “Radiologic Science for Technologists Physics, Biology and Protection”, The Mosby Company, Washington DC, 1988.