

**ANALISIS DOSIS PAPARAN RADIASI PADA GENERAL
X-RAY II DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT
ROEMANI MUHAMMADIYAH SEMARANG**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains
dalam Ilmu Fisika**



Diajukan oleh:

**IDA SEPTIYANTI
1508026021**

**FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**



2020





Edit dengan WPS Office

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ida Septiyanti

NIM : 1508026021

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**"Analisis Dosis Paparan Radiasi pada General X-Ray II di
Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani
Muhammadiyah Semarang"**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/ karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 20 Maret 2020

Saya yang menyatakan



Ida Septiyanti

NIM: 1508026021



Edit dengan WPS Office



Edit dengan WPS Office



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Harsika (Kampus II) Ngaliyan Semarang

PENGESMIAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Analisis Dosis Paparan Radiasi pada General X-ray
II di Instalasi Radiologi Rumah Salcit Roemani
Muhammadiyah Semarang

Nama : Ida Septiyanti

NIM : 1508026021

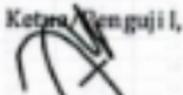
Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang monogayah oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima
sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu
Fisika.

Semarang, 13 Juli 2020

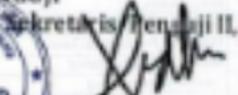
DEWAN PENGUJI

Ketua Penguji I,


Agus Sadarmanto, M.Si

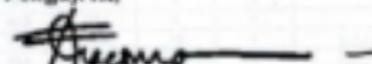
NIP: 197706232009121001

Sekretaris Penguji II,


M. Ardi Khalif, M.Sc

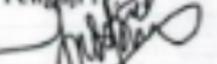
NIP: 198200092011011010

Pengaji III,


Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc

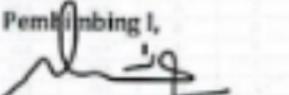
NIP: 197110211997031002

Pengaji IV,


Andi Radhan, M.Sc

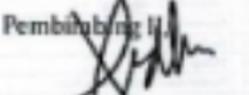
NIP: 198009152005011006

Pembimbing I,


Edi Daenuri Anwar, M.Si

NIP: 19790726 200912 1002

Pembimbing II,


M. Ardi Khalif, M.Sc

NIP: 198200092011011010



Edit dengan WPS Office

NOTA DINAS

Semarang, 20 Maret 2020

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum wr .wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi ini dengan:

Judul : **"Analisis Dosis Paparan Radiasi pada General X-Ray II di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang"**

Nama : **Ida Septiyanti**

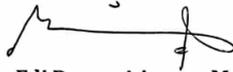
NIM : 1508026021

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I,



Edi Daenuri Anwar, M. Si.

NIP. 19790726 200912 1002



Edit dengan WPS Office

NOTA DINAS

Semarang, 20 Maret
2020

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu'alaikum wr .wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi ini dengan:

Judul : "**Analisis Dosis Paparan Radiasi pada
General X-Ray II di Instalasi
Radiologi Rumah Sakit Roemani
Muhammadiyah Semarang**"

Nama : **Ida Septiyanti**

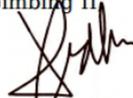
NIM : 1508026021

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing II



M. Ardhi Khalif, M. Sc.
NIP: 198710092011011010



Edit dengan WPS Office

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis tentang Dosis Paparan Radiasi Pada General X-ray di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang untuk mengetahui dosis yang diterima radiographer, masyarakat sekitar ruangan serta mengetahui nilai efektivitas proteksi radiasi dan mengetahui pola sebaran paparan radiasi di dalam ruang instalasi radiologi general X-ray II. Pengukuran dilakukan pada saat general X-ray dilakukan ekspose dan tanpa ekspose menggunakan ion chamber surveymeter 451P. Pengukuran data dosis yang diterima oleh radiographer dan masyarakat sekitar ruangan diambil di titik ruang operator, ruang pelayanan, ruang tunggu. Sedangkan untuk pengukuran efektivitas proteksi radiasi di ambil di titik di ruang operator dan pintu masuk general X-ray II dan pola sebaran radiasi diambil di titik A, B, C, D dan E dengan jarak 40 cm, 80 cm dan 120 cm di dalam ruang general X-ray II. Hasil pengukuran di ruang operator sebesar $0.0354 \mu\text{Sv}/\text{jam}$, ruang tunggu dengan jarak 3,5 m sebesar $0.0146 \mu\text{Sv}/\text{jam}$, di ruang pelayanan dan ruang tunggu dengan jarak 8 m sebesar $0 \mu\text{Sv}/\text{jam}$. Nilai efektivitas proteksi radiasi di ruang operator 83.33 % dan di pintu general X-ray II sebesar 84.09 %. Berdasarkan hasil data yang diperoleh nilai dosis yang diterima dan nilai efektivitas cukup aman dari paparan radiasi yang berlebihan. Pola sebaran radiasinya apabila semakin jauh jaraknya dengan sumber radiasi maka nilai paparan radiasi dosis yang terukur akan semakin rendah.

Kata kunci: Dosis Radiasi, Paparan Radiasi, Efektivitas Proteksi Radiasi, General X-ray



Edit dengan WPS Office

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya serta shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW. Berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul "Analisis Dosis Paparan Radiasi pada General X-ray II di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang". Skripsi ini disusun guna memenuhi tugas dan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat disusun dengan baik karena dukungan dari berbagai pihak yang dengan ikhlas telah merelakan sebagian waktu, tenaga, pikiran dan do'a demi mendukung penulis dalam menyusun skripsi ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag, selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M. Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Agus Sudarmanto, M. Si., selaku Ketua Program Studi Fisika dan M. Izzatul Faqih, M. Pd., selaku sekretaris jurusan Program Studi Fisika yang telah memberikan izin penelitian serta berkenan meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dengan sabar memberikan motivasi dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini .
4. Edi Daenuri Anwar, M. Si., selaku pembimbing I dan M. Ardhi Khalif, M. Sc., selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta

- dengan tekun dan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun skripsi ini.
5. Segenap dosen dan staf Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
 6. Kasubag Dilkat, Kepala Ruang Instalasi Radiologi RS Roemani Muhammadiyah Semarang yang sudah mengizinkan penelitian dan membantu peneliti dalam melaksanakan penelitian.
 7. Muhyidin dan Zumrotun tercinta selaku orang tua Penulis, yang telah memberikan do'a, semangat, cinta, kasih sayang, ilmu dan bimbingan, yang tidak dapat tergantikan oleh apapun.
 8. Kakakku Slamet Waluyo, S.H, Ana Agustiyani, Am. Keb, kakak ipar A. Yazid, S. Ak, Putri Faidah, S. Pd dan Adek A. Syaifuddin yang telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi.
 9. Keluarga besar Mbah Rasman yang senantiasa memberikan dukungan serta canda tawa.
 10. Sahabat-sahabatku dari keluarga Fisika 2015 yang memberikan kenangan terindah serta pelajaran berharga. Tak lupa teman-teman Magang DIPO UNDIP Semarang, dan Keluarga KKN posko 18 Karangayu.
 11. Keluarga kos C-24 Mu'tin, Ayu, Silma, Nazil, Citra, Oca, Alfi, Betty dan Mba Mila yang senantiasa memberikan do'a, semangat dan canda tawa.
 12. Kak Go, Abang Gendut, Aak Iyung dan Tante Pesek yang senantiasa memberikan motivasi, semangat, kasih sayang serta canda tawa.
 13. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan moril

maupun materil. Peneliti tidak dapat memberikan balasan apa-apa selain ucapan terimakasih dan iringan do'a semoga Allah SWT membalas semua amal kebaikan yang diberikan.

Semarang, 20 Maret 2020

Ida Septiyanti

NIM : 1508026021





Edit dengan WPS Office

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Deskripsi Teori.....	8
1. Radiasi.....	8
2. General X-Ray.....	16
3. Surveymeter.....	23
4. Proteksi Radiasi.....	26
5. Nilai Batas Dosis.....	29
6. Interpolasi.....	33
B. Kajian Pustaka.....	36



BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	41
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
C. Instrumen Penelitian	41
D. Prosedur Penelitian.....	43
E. Diagram Alir Penelitian.....	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil.....	49
B. Pembahasan.....	56
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	66
B. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP	





Edit dengan WPS Office

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Hasil pengukuran paparan radiasi di ruang operator	50
Tabel 4.2	Hasil pengukuran paparan radiasi pada ruang pelayanan	51
Tabel 4.3	Hasil pengukuran paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat pada jarak 3,5 m	52
Tabel 4.4	Hasil pengukuran paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat pada jarak 8 m	52
Tabel 4.5	Hasil pengukuran efektivitas proteksi radiasi pada ruang operator	53
Tabel 4.6	Hasil pengukuran efektivitas proteksi radiasi pada pintu ruang general X-ray II	54



Edit dengan WPS Office

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Efek radiasi bagi manusia	13
Gambar 2.2	General X-ray	18
Gambar 2.3	Proses pembentukan general X-ray	19
Gambar 2.4	Proses pembentukan sinar-X karakteristik	21
Gambar 2.5	Proses pembentukan sinar-X <i>bremstrahlung</i>	21
Gambar 2.6	Ion chamber surveymeter 451p	23
Gambar 2.7	Pendekatan dengan <i>Polinomial Cubic Spline</i>	35
Gambar 3.1	Denah ruang instalasi radiologi	44
Gambar 3.2	Denah ruang general X-ray II	45
Gambar 3.3	Denah ruang general X-ray II beserta titik untuk sebaran radiasi	45
Gambar 4.1	Hasil kontur 3D pola persebaran radiasi di ruang general X-ray ebox 120	55
Gambar 4.2	Hasil kontur 3D pola persebaran radiasi di ruang general X-ray ebox 60	56





DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul
Lampiran 1	Hasil perhitungan paparan radiasi
Lampiran 2	Hasil perhitungan efektivitas proteksi radiasi
Lampiran 3	Data Pengukuran Arah A, B, C, D, dan E
Lampiran 4	Hasil perhitungan nilai v
Lampiran 5	Hasil perhitungan interpolasi
Lampiran 6	<i>Coding 3d spline interpolation</i>
Lampiran 7	Surat penunjukan pembimbing
Lampiran 8	Surat diterima untuk penelitian
Lampiran 9	Surat keterangan telah melakukan penelitian
Lampiran 10	Dokumentasi



Edit dengan WPS Office

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit adalah sebuah institusi kesehatan yang penting dalam kehidupan. Di dalam rumah sakit terdiri dari berbagai macam unit yang menangani masalah-masalah kesehatan, meliputi diagnosa, terapi, perawatan, pembedahan dan lain-lainnya. Diagnosa adalah proses mengidentifikasi suatu penyakit dengan cara memeriksa gejala-gejala yang ada dalam tubuh pasien. Pada diagnosa rumah sakit memiliki berbagai macam alat di antaranya alat dalam bidang radiologi, misalnya CT-SCAN, MRI, Panoramic, PET SCAN, LINAX, USG, General X-ray dan lain-lainnya.

General X-ray adalah pencitraan yang menggunakan radiasi untuk mengambil gambar bagian dalam dari tubuh seseorang yang terserang penyakit. Pemanfaatan citra hasil dari general X-ray dapat menguntungkan dalam bidang diagnosa, karena dokter dapat mengetahui keadaan tubuh pasien tanpa pembedahan, data statistik menunjukkan bahwa sekitar 50 % keputusan medis harus didasarkan pada diagnosa sinar-X (Yuliati dan Akhadi, 2001; Raudhah, 2008). Selain memberikan manfaat, radiasi sinar-X juga memiliki

dampak negatif bagi para pekerja, pasien dan masyarakat yang berada di lingkungan sekitar serta membawa resiko menginduksi kanker tambahan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Vano et al* pada tahun 2006 di Spanyol, dosis radiasi yang dihasilkan dari aktivitas radiologi intervensi dapat mencapai 25 mSv per tahun, dosis tersebut telah melebihi batas dosis yang diizinkan yaitu 20 mSv tertera pada *Radiation Protection (Ionizing Radiation) Regulations* tahun 2000 mengacu pada *International Commission on Radiological Protection (ICRP)* tahun 1990 (Sopandi dkk,2013). Meskipun pada dasarnya dosis radiasi dalam lingkungan kerja yang dihasilkan dari kedua prosedur intervensi ini masih tergolong lebih rendah jika dibandingkan dengan kecelakaan nuklir yang mampu menghasilkan deterministik pada tubuh seperti gangguan sistem saraf pusat, sistem pencernaan, hingga kematian. Akan tetapi, penting untuk memperhatikan risiko jangka panjang maupun risiko stokastik dari paparan radiasi dosis rendah secara terus menerus pada pekerja medis pengguna radiasi, terutama pekerja dengan masa kerja yang sudah lama (Alatas, 2012). Risiko stokastik seperti ini mungkin bersifat kecil tetapi dipastikan dapat menginduksi penyakit yang berbahaya. Selain itu, radiasi dosis rendah juga telah terbukti dapat



menginduksi peningkatan jumlah limfosit yang bersirkulasi dan aberasi kromosom yang mendandai biomarker dari risiko kanker (Kari dan Saunamaki, 2010).

Salah satu upaya pemantauan dosis paparan radiasi di instalasi radiologi harus memperhatikan proteksi radiasi, baik berupa personal monitoring, kegiatan survey radiasi, jaminan kualitas radiodiagnostik, ketaatan terhadap prosedur kerja dengan radiasi, standar pelayanan radiografi, standar prosedur pemeriksaan radiografi semua perangkat tersebut untuk meminimalisir efek radiasi terhadap para pekerja, pasien dan masyarakat sekitar (IAEA, 2006; Martem dkk, 2015).

Proteksi radiasi merupakan aspek yang sangat penting bagi pengendalian dampak negatif dari radiasi. Dampak negatif radiasi diterima oleh radiographer dan masyarakat sekitar yang berada di lingkungan sekitar ruang radiasi. Untuk menciptakan kondisi lingkungan aman dikerjakan maka setiap rumah sakit harus mengikuti kaidah-kaidah yang telah ditentukan. *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) menekankan 3 azas dalam pemanfaatan tehnik nuklir, yakni *Jastisifikasi/ Pembenaran*, *Optimasi proteksi*, dan *Limitasi dosis/ Pembatasan penerimaan dosis* (Rudi dkk,2012).



Seiring dengan meningkatnya pemeriksaan radiologi, perlindungan pasien terhadap sinar-X sangatlah penting, oleh sebab itu instalasi radiologi harus memperhatikan proteksi radiasi untuk keamanan ruang radiologi. Sesuai dengan peraturan pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 Surat keputusan kepala BAPETEN Nomor 01/Ka-Bapeten/V-99 tentang keselamatan dan kesehatan terhadap pemanfaatan radiasi pengion perlu adanya pengukuran paparan radiasi sinar-X untuk proteksi radiasi, karena sangat penting bagi para pekerja, pasien dan masyarakat yang berada di lingkungan sekitar. Nilai batas dosis untuk pekerja radiasi < 50 mSv/tahun sedangkan untuk masyarakat umum < 5 mSv/tahun (BAPETEN, 2003).

Proteksi dari pancaran radiasi berguna untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya penyinaran radiasi yang tidak dikehendaki. Oleh sebab itu perlu adanya penerapan prinsip keselamatan radiasi (Ancila, 2016). Proteksi radiasi diperlukan untuk menyerap radiasi sehingga dapat mengurangi intensitas radiasi yang dipancarkan dan mengurangi penerimaan dosis radiasi oleh tubuh manusia. Apabila radiasi masuk kedalam proteksi radiasi, maka sebagian dari radiasi tersebut akan diserap oleh bahan. Semakin besar efektivitas proteksi radiasi suatu ruangan maka proteksi



radiasi ruangan tersebut semakin baik dalam menyerap radiasi (Martem dkk, 2015). Bahan yang digunakan adalah material, digunakan disetiap ruangan penyinaran berupa dinding yang memiliki daya serap sangat tinggi oleh paparan radiasi. menurut Safitri (2006: 1-2), dinding material yang diperlukan tergantung pada tipe radiasi, aktivitas sumber dan beberapa laju dosis yang diinginkan diluar dinding. Ada beberapa macam material yang dapat digunakan sebagai dinding proteksi radiasi diantaranya, Timbal (Pb) yang sering digunakan di Rumah Sakit untuk proteksi pada ruang General X-ray, bahan bakar reaktor dan beton untuk perisai akselerator generator neutron (Hasmawati, 2016).

Salah satu cara untuk mengetahui paparan radiasi sinar-X di ruangan General X-ray pada saat penyinaran berlangsung dan di Instalasi Radiologi adalah menggunakan alat surveymeter yang diletakkan diruang General X-ray dengan variasi jarak berbeda dari sumber sinar-X. Surveymeter lebih diutamakan untuk mengukur radiasi eksternal seperti sinar-X, sinar gamma dan neutron, selain itu juga surveymeter dapat mengukur radiasi alfa dan beta (Martem dkk, 2015). Penggunaan surveymeter pada pengukuran paparan radiasi sangatlah tepat karena hasil dari pengukuran langsung dapat dilihat



secara langsung pada saat pengukuran berlangsung.

Hal ini merupakan salah satu bentuk *Quality Control* di bidang Radiodiagnostik, yang dapat dilakukan dengan cara mengukur paparan radiasi di sekitar pancaran sinar-X dan di lingkungan sekitar yang berada di ruang radiologi tersebut. Untuk pengukuran paparan radiasi di sekitar sinar-X tidak boleh lebih dari 100 mR/jam, sedangkan paparan radiasi untuk pekerja radiasi tidak boleh melebihi 2.5 mR/jam (Siemens, 2003). Oleh karena itu perlu adanya pengukuran paparan radiasi sinar-X untuk mengetahui nilai paparan radiasi yang diterima oleh pekerja dan masyarakat sekitar, serta mengetahui nilai efektivitas proteksi radiasi dan sebaran paparan radiasi di ruang Instalasi Radiologi.

B. Perumasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan permasalahan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana nilai dosis yang diterima oleh radiographer dan masyarakat sekitar ruangan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang?
2. Berapa besar efektivitas proteksi radiasi di ruang operator dan pintu ruang General X-ray II Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang?



3. Bagaimana pola sebaran paparan radiasi di dalam ruang Instalasi Radiologi General X-ray II Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis nilai dosis yang diterima oleh radiographer dan masyarakat sekitar ruangan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang.
2. Untuk menganalisis efektivitas proteksi radiasi di ruang operator dan pintu ruang General X-ray II Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang.
3. Untuk menganalisis pola sebaran paparan radiasi di dalam ruang Instalasi Radiologi General X-Ray II Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi kepada para pekerja dan masyarakat sekitar ruangan tentang hamburan paparan radiasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang.
2. Memberikan informasi kepada para pekerja dan



masyarakat sekitar ruangan tentang proteksi radiasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Radiasi

Radiasi adalah suatu pancaran energi yang melalui sebuah ruangan dalam bentuk panas, partikel atau gelombang elektromagnetik atau cahaya foton dari sumber radiasi (BATAN,n.d).

Berdasarkan muatan listriknya, radiasi dibagi menjadi dua yaitu

a. Radiasi Ion Non Pengion

Radiasi Ion Non Pengion merupakan radiasi dimana sifatnya tidak dapat mengubah ion-ion yang dilaluinya dan tidak menyebabkan efek ionisasi apabila berinteraksi dengan materi, misalnya cahaya tampak, inframerah, gelombang radio dan lain lain (BATAN n.d).

b. Radiasi Pengion

Radiasi Pengion merupakan radiasi di mana sifatnya dapat mengubah ion-ion yang dilaluinya dan menyebabkan efek ionisasi apabila berinteraksi



dengan materi, bila mengenai makhluk hidup, maka sinar-X mampu merusak sel-sel hidup. Ionisasi merupakan proses pelepasan atau penambahan elektron pada suatu atom. Ketika radiasi melewati suatu materi, maka akan terjadi disosiasi, eksitasi, dan ionisasi molekul atom yang menyebabkan energi radiasi berkurang. Ionisasi terjadi karena potensial ionisasi lebih besar dari pada energi materi. Secara garis besar radiasi pengion dibagi menjadi dua yaitu radiasi elektromagnetik dan radiasi partikel. Misalnya sinar α , sinar β , sinar γ (BATAN n.d).

1) Sinar α

Sinar α suatu inti helium yang berenergi sangat tinggi dipancarkan dari inti isotop radioaktif pada saat rasio neutron terhadap proton terlalu rendah. Sinar α merupakan radiasi yang bermuatan positif. Partikel ini merupakan inti atom helium, terdiri dari 2 proton dan 2 neutron, karena dalam transisi alfa, nomor atom dan nomor massanya bersifat kekal. Sifat-sifat sinar alfa adalah memiliki daya tembus kecil (daya jangkauan 2,8–8,5 cm dalam udara), dapat mengionisasi molekul yang dilaluinya. Sinar alfa



ini dapat menyebabkan satu atau lebih elektron suatu lepas, sehingga molekul berubah menjadi ion (ion positif dan elektron) per cm bila melewati udara, dalam medan listrik dapat dibelokkan ke arah kutub negatif.

Sebagian besar nuklida dengan nomor massa $A > 150$ adalah tidak stabil dan meluruh dengan pancaran alfa. Untuk nuklida-nuklida yang nilainya lebih ringan, kemungkinan terjadinya peluruhan sinar alfa sangat tidak memungkinkan (Cember, 1983).

2) Sinar $-\beta$

Sinar β merupakan suatu elektron basa yang terlempar dari inti atom radio aktif tak stabil beta. Sinar β radiasi partikel bermuatan negatif, identik dengan elektron, memiliki massa sangat kecil yaitu $5,5 \times 10^{-4}$ satuan massa. Sifat-sifat sinar beta adalah memiliki daya tembus yang jauh lebih besar dari pada sinar alfa (dapat menembus lempeng timbel setebal 1mm), daya ionisasinya lebih lemah dari sinar alfa, pancaran elektron dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya, dapat mengionkan benda-benda yang dilaluinya tidak sehebat sinar alfa (Cember, 1983).

Penyinaran langsung dari sinar beta adalah



berbahaya, karena emisi yang keluar dari pancaran sinar beta sangat kuat dapat memanaskan ataupun dapat membakar kulit. Tetapi, masuknya pemancaran sinar beta melalui penghirupan dari udara menjadi peringatan yang sangat serius karena partikel sinar beta dapat langsung dipancarkan kedalam jaringan hidup sehingga dapat membahayakan molekul yang mengganggu fungsi sel. Karena partikel sinar beta dan muatan yang lebih kecil dari pada sinar alfa maka sinar beta akan menembus masuk kedalam jaringan lebih mudah, sehingga dapat menyebabkan kerusakan sel lebih parah dari pada efek sinar alfa.

Sinar beta biasanya dimanfaatkan untuk medical imaging, diagnosa, dan prosedur dalam perawatan seperti kanker tulang dan mata. Bahan yang sering digunakan yaitu *technetium* -99 m, *phosphorus* -32, *iodine* -131, *stronsium* -90. (Cember, 1983).

3) Sinar γ

Sinar gamma merupakan radiasi gelombang elektromagnetikmonokromatis yang terpancar dari inti-inti atom yang mengalami aktivasi



sejenis dengan sinar-X dengan panjang gelombang yang pendek.

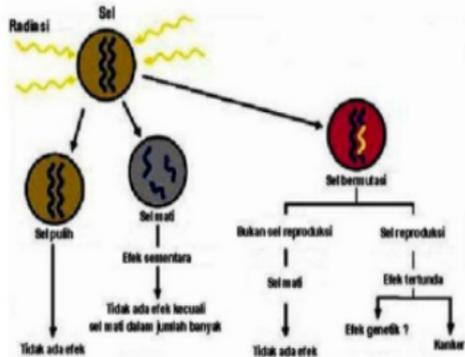
Sifat-sifat sinar gamma adalah tidak memiliki massa, memiliki daya tembus yang sangat kuat (dapat menembus lempeng timbel setebal 20 cm), daya ionisainya paling lemah, tidak bermuatan listrik. Oleh karena itu tidak dapat dibelokkan medan listrik, dapat mengionkan benda-benda yang dilaluinya tidak sehebat sinar alfa dan sinar beta. Sinar gamma biasanya digunakan untuk terapi kesehatan (Cember, 1983).

Jika radiasi mengenai tubuh manusia, ada dua kemungkinan yang akan terjadi pada manusia yaitu berinteraksi dengan tubuh manusia atau hanya melewati saja. Jika radiasi berinteraksi dengan tubuh manusia maka radiasi dapat mengionisasi atom. Setiap terjadinya ionisasi tersebut radiasi akan kehilangan sebagian energinya (Setiawan, 2012).

Energi radiasi yang hilang akan menyebabkan kenaikan temperatur pada bahan (atom) yang berinteraksi dengan radiasi tersebut atau semua energi terserap di jaringan biologis akan muncul sebagai panas melalui peningkatan getaran atom dan struktur molekul. Tanda-tanda tersebut merupakan



awal dari perubahan kimiawi yang menyebabkan efek samping biologis merugikan. Gambar dibawah ini adalah efek radiasi bagi manusia :



Gambar 2.1 1Efek Radiasi bagi manusia (Rudi,2008)

Radiasi tidak dapat dideteksi secara langsung oleh panca indera manusia, tetapi dapat dideteksi menggunakan bantuan alat khusus yang sudah dirancang disebut dengan detektor radiasi. Macam-macam detektor radiasi diantaranya film fotografi, tabung *geiger-muller*, pencacah sintilasi, surveymeter, bahan termoluminesensi maupun dioda silikon. Radiasi memiliki beberapa satuan diantaranya R, Gy, Sv, Rad, Ram, Bq, dan Ci. Dalam penelitian yang akan dilakukan ini menggunakan satuan mR/jam sesuai dengan acuan PT Siemens Indonesia dan sesuai

dengan satuan alat ukur radiasi yaitu mR/jam (Siemens,2003).

Untuk mengurangi resiko radiasi, diperlukan perisai radiasi atau proteksi radiasi yang dapat menyerap radiasi hingga memperkecil intensitas radiasi yang lolos dan dapat mengurangi penerimaan radiasi oleh tubuh manusia. Jika radiasi elektromagnetik masuk ke bahan perisai I_0 , maka sebagian radiasi akan diserap oleh bahan sehingga intensitas radiasi yang keluar dari bahan sebesar I . Jika bahan perisai memiliki ketebalan x , maka radiasi yang keluar dari bahan perisai diformulasikan:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

dengan

I = Intensitas yang diketahui

I_0 = Intensitas yang ditentukan

μ = Faktor Atenuasi

x = Tebal bahan pelindung

Radiasi gelombang elektromagnetik dari suatu sumber titik bersifat simetri radial karena muka gelombangnya berbentuk permukaan bola. Diantara besaran yang diukur pada suatu radiasi elektromagnetik adalah intensitas radiasi. intensitas radiasi dari suatu gelombang elektromagnet bukan



merupakan amplitudo dari gelombang elektromagnetik tersebut melainkan adalah kuadrat amplitudonya. Untuk radiasi dari suatu bahan radioaktif, di antara alat yang dapat digunakan untuk mengukur intensitas radiasinya adalah surveymeter. Berbeda dengan radiasi cahaya tampak, intensitas radiasi dari suatu bahan radioaktif akan meluruh secara eksponensial menurut persamaan peluruhan sebagai berikut (Akhadi,2000) :

$$N_t = N_o e^{-\lambda t}$$

dengan :

N_t = Jumlah zat radioaktif setiap saat

N_o = Jumlah zat radioaktif mula-mula

λ = Konstanta peluruhan

t = Peluruhan waktu

Untuk muka gelombang yang berbentuk $\frac{1}{2}$ bola, secara prinsip kondisi tersebut dapat dibentuk dengan cara memberi "cover" penghalang di sekitar sumber radiasi sehingga radiasinya hanya dalam arah $\frac{1}{2}$ bola saja. Namun meskipun pada suatu sumber radioaktif diberi sebuah "cover" penghalang untuk



menghasilkan suatu keluaran muka gelombang dalam bentuk tertentu, intensitas radiasinya tetap harus memenuhi persamaan peluruhan radiasi di atas.

2. General X-Ray

a. Sejarah General X-ray

General X-ray biasanya disebut dengan sinar-X atau Rotgen, pertama kali ditemukan oleh ahli fisika yang bernama *Wilhelm Conrad Roentgen* di Universitas Wurzburg Jerman tahun 1895 pada saat melakukan eksperimen menggunakan sinar katoda, pada waktu itu *Wilhelm* melihat adanya sinar fluoresensi yang berasal dari *Kristal Barium Platinosianida* dalam tabung *Crookes-Hittorf* yang dialiri arus listrik, kemudian *Wilhelm* menyadari bahwa fenomena ini adalah penemuan baru sehingga *Wilhelm* melanjutkan penelitiannya dalam waktu-waktu selanjutnya. Setelah dilakukan penelitian tersebut tidak lama kemudian *Wilhelm* menemukan sinar yang muncul dan diberi nama sinar baru atau sinar-X.

Orang-orang menyebut sinar-X dengan sebutan Sinar Rontgen. Penemuan Sinar Roentgen ini adalah



penemuan yang sangat bermanfaat di dunia kedokteran karena hasil penemuan ini dokter dapat mengetahui dan memeriksa bagian-bagian tubuh manusia tanpa melakukan pembedahan yang sebelumnya tidak pernah dicapai dengan cara pemeriksaan secara konvensional. Hasil nyata penemuan Roentgen adalah foto jari-jari istrinya yang dibuat dengan menggunakan kertas potret dilakukan dibawah tangan istrinya dan di sinari dengan sinar baru.

Penelitian Roentgen selanjutnya yaitu tentang sifat-sifat Sinar Roentgen baik sifat fisika maupun sifat kimianya, tetapi ada salah satu sifat yang belum diketahui oleh *Wilhelm* yaitu sifat biologi yang dapat merusak sel-sel hidup. Kemudian setelah setahun penemuan Sinar Roentgen, *Henri Becquerel* pada tahun 1896 di Prancis menemukan unsur uranium dan memiliki sifat hampir sama dengan Sinar Roentgen. Di lanjutkan oleh *Marie* dan *Pierre Curie* menemukan unsur *Thorium* pada awal tahun 1896, sedangkan pada akhir tahun pasangan suami istri tersebut menemukan unsur ketiga yang dinamakan *Polium*.

b. General X-ray



General X-ray adalah suatu alat rumah sakit yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-X tanpa melakukan pembedahan. Sinar-X dipancarkan dari tabung kemudian diarahkan kebagian tubuh yang akan di diagnosa. Berkas sinar-X akan menembus bagian tubuh manusia dan ditangkap oleh film, sehingga gambar akan terbentuk dari bagian tubuh yang disinari (Sianturt dkk, 2017).



Gambar 2.2 General X-Ray
(<http://gradiology.com.au/services/general-x-ray.php>)

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki energi sangat tinggi. Radiasi gelombang elektromagnetik memiliki energi yang besarnya dirumuskan oleh *Planck* sebagai berikut :

$$E = hv$$

dengan



E = Energi radiasi elektromagnetik (joule)

h = Konstanta plank, nilainya $6,63 \times 10^{-34}$ (joule/detik)

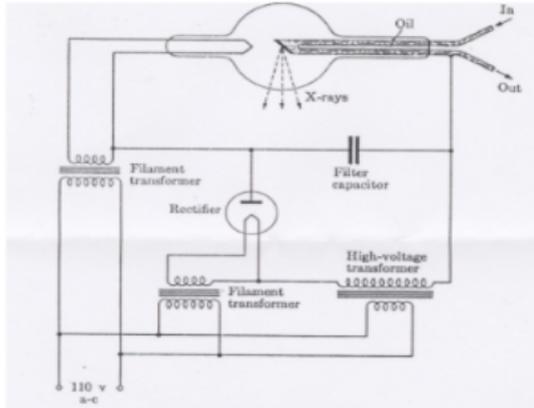
ν = Frekuensi gelombang elektromagnetik (Hz)

Sebelum pengoprasian General X-ray perlu dilakukan terlebih dahulu setting parameter untuk mendapatkan sinar-X sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki. Parameter-parameter tersebut diantaranya tegangan tinggi (kV), arus tabung (mA) dan waktu paparan (s) (BATAN, 2005).

General X-ray terdiri dari sistem dan subsistem sinar-X atau komponen. Sistem sinar-X adalah seperangkat komponen yang menghasilkan radiasi dengan cara terkendali, sedangkan subsitem adalah kombinasi dari dua komponen sistem sinar-X. General X-ray yang lengkap terdiri dari generator tegangan tinggi, panel kontrol, tabung sinar-X, alat pembatas berkas dan peralatan penunjang lainnya (Sianturt dkk, 2017).

c. Proses pembentukan sinar-X



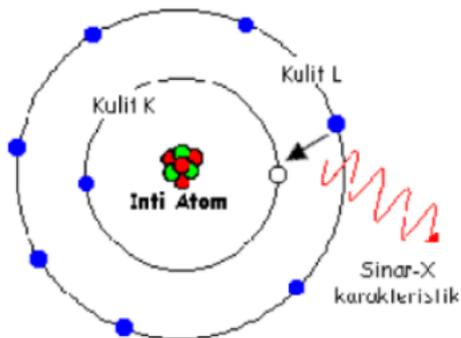


Gambar 2.3 Proses pembentukan sinar-X (Gabriel, 2005)

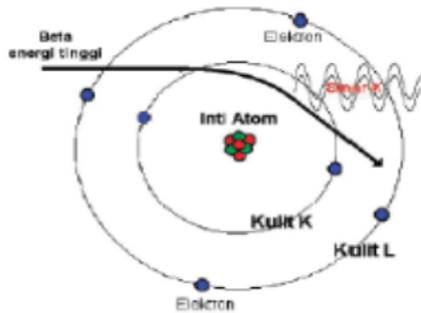
Secara umum proses terbentuknya sinar-X dibagi menjadi dua yaitu sinar-X Karakteristik dan sinar-X *Bremsstrahlung*. Sinar-X Karakteristik (Gambar 2.4) dihasilkan ketika ada elektron yang menumbuk atom tertentu, apabila elektron tersebut mengenai elektron pada kulit terendah pada tingkat energinya, maka elektron tersebut akan terpental dan mengalami kekosongan, kekosongan pada elektron akan diisi oleh elektron yang berada dikulit luar atau di atasnya dan pada saat perpindahan elektron harus mengeluarkan energi yang berbentuk foton. Jika hal ini terjadi, maka suatu foton akan dipancarkan. Energinya akan sama dengan selisih antara tingkat energi awal dan tingkat energi akhir, sinar-X

karakteristik memiliki spektrum energi diskrit.

Sinar-X *Bremsstrahlung* (Gambar 2.5) saat berkas elektron menabrak target, sebagian besar energi elektronnya akan hilang dalam bentuk panas, sebagian energi lainnya hilang untuk memproduksi sinar-X, tetapi ada sebuah kemungkinan semua energi kinetik elektron tersebut diubah menjadi foton sinar-x. Sinar-x *Bremsstrahlung* mempunyai spektrum energi kontinu dan mempunyai energi kinetik elektron pada saat terjadinya sebuah perlambatan. Setelah proses tersebut energi pada elektron sebagian besarnya dirubah menjadi panas sebesar 99% dan menjadi energi kinetik sebesar 1% (Cember, 1983).



Gambar 2.4 Proses pembentukan sinar-X karakteristik (<https://www.bing.com/images>)



Gambar 2.5 Proses pembentukan sinar-X Bremsstrahlung (<https://www.bing.com/images>)

Tabung sinar-X agar dapat melakukan proses di atas maka harus memiliki beberapa persyaratan diantaranya :

- 1) Sumber elektron, bahan dari sumber elektron adalah kawat pijar pada katoda yang berada didalam tabung general X-ray. Pemanasan kawat pijar dilakukan dengan transformator khusus.
- 2) Gaya yang mempercepat gerakan elektron tersebut.
- 3) Dalam ruang hampa udara terdapat lintasan elektron yang bebas.
- 4) Alat pemusat berkas elektron (*focusing cup*), alat ini yang menyebabkan sinar-X keluar dari general X-ray dan terfokus pada titik yang difokuskan.
- 5) Penghentian gerakan elektron.

Proses terjadinya sinar-X jika diurutkan sebagai berikut:

- 1) Katoda (kawat pijar yang dipanaskan lebih dari 2000°C sampai menyala) dengan mengalirkan arus listrik yang berasal dari transformator.
- 2) Kawat pijar yang terlalu panas, maka elektron-elektron dari katoda tersebut lepas.
- 3) Ketika dihubungkan dengan transformator yang bertegangan tinggi, maka elektron akan dipercepat gerakannya menuju anoda dan dipusatkan kembali ke alat pemusat.
- 4) Kawat pijar dibuat negatif terhadap sasaran.
- 5) Elektron dihentikan secara tiba-tiba pada sasaran sehingga terbentuk panas sebesar 99% dan terbentuk sinar-X 1%.
- 6) Perisai (timah yang berada dalam tabung mencegah keluarnya sinar-X dari tabung, sehingga sinar-X yang keluar hanya melalui jendela) (Daenuri, 2011).

3. Surveymeter

Surveymeter adalah alat instrumen yang dibutuhkan dalam sistem proteksi radiasi, digunakan untuk memonitor laju paparan radiasi dari suatu lokasi yang



diperkirakan ada benda atau zat yang mengandung radioaktif. Konstruksi surveymeter terdiri dari detektor dan peralatan penunjang. Cara pengukuran yang diterapkan adalah Cara Arus (*current mode*) sehingga nilai yang ditampilkan merupakan nilai intensitas radiasi itu sendiri. Secara elektronik nilai intensitas tersebut dikonversikan menjadi skala dosis, contohnya dengan satuan rontgen/jam (Nuzula, 2016).



Gambar 2.6 Ion Chamber Surveymeter 451P

Terdapat berbagai macam jenis surveymeter digunakan untuk jenis radiasi yang sesuai dengan kebutuhannya, diantaranya surveymeter gamma, surveymeter beta dan gamma, surveymeter alpha, surveymeter neutron dan surveymeter multi-guna.

Surveymeter gamma merupakan surveymeter yang sering digunakan untuk mengukur radiasi sinar-X, detektor yang digunakan adalah detektor isian gas

proporsional, geiger muler atau detektor sintilasi NaI(Tl). Surveymeter beta dan gamma berbeda dengan surveymeter gamma, karena detektor terletak di luar badan surveymeter dan mempunyai jendela yang dapat dibuka maupun ditutup. Detektor sering digunakan adalah detektor isian gas proporsional atau geiger muler. Surveymeter alpha mempunyai detektor yang terletak diluar badan surveymeter dan terdapat satu permukaan detektor terbuat dari lapisan film sangat tipis, biasanya lapisan tersebut terbuat dari *berrilium*, sehingga mudah sobek apabila tergores atau tersentuh dengan benda tajam. Detektor yang digunakan adalah detektor isian gas proporsional atau detektor sintilasi ZnS(Ag). Surveymeter neutron biasanya menggunakan detektor proporsional diisi dengan gas BF₃ atau gas Helium (Ancila dkk, 2016).

Sebelum menggunakan surveymeter ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya:

a. Memeriksa baterai

Memeriksa baterai dilakukan untuk menguji kondisi catudaya tegangan detektor.

b. Memeriksa sertifikat kalibrasi

Memeriksa sertifikat kalibrasi apabila kalibrasi sudah melebihi batas waktu yang telah ditentukan maka surveymeter harus dikalibrasi ulang sebelum



dapat digunakan lagi.

Kalibrasi sendiri harus dilakukan secara berkala oleh intensitas yang berwenang. Hal ini dilakukan untuk menguji ketepatan nilai sebenarnya pada alat tersebut. Perbedaan pada nilai yang ditampilkan dan pada nilai sebenarnya harus dikoreksi dengan suatu parameter yang disebut dengan faktor kalibrasi.

Faktor kalibrasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Fk = \frac{D_x}{D_u}$$

dengan

Fk = Faktor kalibrasi alat ukur (surveymeter)

D_x = Nilai dosis yang sebenarnya

D_u = Nilai dosis yang ditunjukkan oleh alat

c. Mempelajari pengoprasian dan pembacaan alat.

Langkah ini perlu dilakukan untuk mengetahui tombol-tombol dan saklar-saklar yang berbeda, biasanya terdapat beberapa faktor pengalihan misalnya x1; x10; x100 dan seterusnya, sedangkan displaynya juga berbeda-beda diantaranya ada yang berskala rontgen/jam, rad/jam, sievert/jam dan seterusnya



(BATAN, n.d.).

4. Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi (keselamatan radiasi) adalah suatu tindakan dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi terhadap manusia akibat paparan sinar radiasi. Proteksi radiasi berguna untuk menciptakan kondisi agar dosis radiasi yang mengenai manusia dan makhluk hidup disekitarnya tidak melampaui batas yang telah ditentukan (Sari, 2012).

Al-Quran menjelaskan agar melindungi diri dari segala yang merusaknya, seperti yang ditunjukkan pada QS. Al-Muddassir ayat 5 (Kementrian Agama RI,1989) , sebagai berikut :

وَالرُّجْزَ فَاهْجُرْ

Artinya : “ dan tinggalkanlah segala perbuatan yang keji “

Tafsir QS. Al-Muddassir ayat 5 oleh Kementrian Agama RI, ayat ini Allah menerangkan bahwa manusia di perintah untuk meninggalkan perbuatan yang keji (merusak). Oleh sebab itu perlunya proteksi radiasi agar tubuh manusia dapat terlindungi dari paparan sinar radiasi secara langsung (Kementrian Agama RI, 1989).

Hasil dari radiasi pengion oleh sinar-X mempunyai potensi merugikan terhadap kesehatan, maka dalam



penggunaan radiasi tersebut diperlukan langkah proteksi radiasi untuk menjaga keselamatan manusia dan lingkungan hidup berada disekitarnya.

Tujuan dari proteksi radiasi adalah

- a. Pada pasien, dosis yang diberikan harus serendah mungkin sesuai dengan peraturan klinis.
- b. Pada petugas, dosis radiasi yang diterima harus ditekan serendah mungkin dalam keadaan bagaimana itu dan tidak boleh melebihi dosis maksimum yang diperkenankan (Akhadi, 2000).

Perlindungan dari radiasi dapat dilakukan dengan pengawasan, baik melalui peraturan yang berkaitan dengan radiasi bahan-bahan radioaktif maupun dibentuk oleh badan pengawas yang bertanggung jawab. Di Indonesia badan tersebut adalah Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dan di tingkat nasional adalah *International Commission On Radiological Protection* (IRCP). Untuk mencapai tujuan proteksi radiasi IRCP dalam pemanfaatan diperlukan prinsip utama untuk proteksi radiasi diantaranya:

1) Pembenaan (Justifikasi)

Suatu pemanfaatan yang harus dapat dibenarkan jika menghasilkan keuntungan bagi satu atau banyak individu dan bagi masyarakat untuk mengimbangi kerusakan radiasi yang ditimbulkan.



2) Optimasi Proteksi

Tujuan optimasi proteksi untuk melindungi pasien dan orang yang berada disekitarnya, dengan cara dosis harus ditekan serendah mungkin dengan hasil yang diinginkan dari pemeriksaan dan resiko kesalahan dalam pemberian dosis dengan mempertimbangkan faktor ekonomi sosial.

3) Pembatasan dosis

Pembatasan dosis dilakukan untuk memberikan batasan dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan tidak boleh melebihi batas yang telah ditetapkan oleh instansi yang berwenang (Eri, 2015).

Menurut *Gabriel*, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk proteksi terhadap pekerja radiasi dengan sinar-X yaitu

- a) Filtrasi berfungsi untuk mengurangi intensitas sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X yang terbuat dari filter.
- b) Kolimator adalah suatu celah yang berfungsi mengatur area berkas sinar-x dari tabung sinar-X.
- c) Kualitas film juga berkaitan dengan proteksi radiasi, bila film yang dipakai kurang sensitif maka membutuhkan intensitas sinar-X yang lebih tinggi



sehingga menimbulkan radiasi yang lebih besar dan bahaya radiasi semakin besar.

- d) Distribusi dari hasil luas penyinaran, yang merupakan perkalian antara penyinaran (*Roentgen*) dan luas penyinaran (cm^2) (Gabriel, 2005).

5. Nilai Batas Dosis

Nilai Batas Dosis berdasarkan rekomendasi ICRP No. 60 Tahun 1990

a. Nilai Batas Dosis untuk Pekerja

1) Nilai Batas Dosis

Penyinaran akibat kerja dari tiap pekerja harus diawasi, sehingga nilai batas seperti berikut ini tidak dilampaui:

- a) Dosis efektif sebesar 20 mSv tiap tahunnya, dirata-rata selama 5 tahun berturut-turut (awal dari dimulainya masa rata-rata ini disamakan dengan hari pertama masa tahun setelah NBD sesuai standart ini diberlakukan).
- b) Dosis efektif sebesar 50 mSv untuk satu tahun.
- c) Dosis ekuivalen pada lensa sebesar 150 mSv dalam satu tahun.
- d) Dosis ekuivalen pada kaki, tangan dan kulit sebesar 500 dosis ekuivalen pada kaki, tangan dan kulit sebesar 500 mSv dalam satu tahun



(nilai batas dosis ekivalen pada kulit dirata-rata untuk luas 1 cm^2 dari daerah kulit yang memperoleh penyinaran tertinggi). Untuk siswa berusia antara 16 sampai 18 tahun yang mengikuti latihan untuk pekerjaan menggunakan radiasi dan menggunakan radiasi dalam pembelajarannya harus diawasi sehingga nilai batas yang sudah ditentukan tidak dilampaui yaitu :

- 1) Dosis efektif sebesar 6 mSv dalam satu tahun.
- 2) Dosis ekivalen pada lensa mata sebesar 50 mSv dalam satu tahun.
- 3) Dosis ekivalen pada kaki, tangan dan kulit sebesar 150 mSv dalam satu tahun.

2) Keadaan khusus

Keadaan khusus dalam nilai batas dosis apabila pekerja sudah berusaha sebaik-baiknya dalam melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi, namun untuk sementara perubahan nilai batas dosis masih diperlukan, dan telah disetujui oleh instansi yang berwenang, maka:

- a) Masa rata-rata dapat diperpanjang sampai 10 tahun berturut-turut dan dosis efektif bagi tiap



pekerja radiasi tidak lebih besar dari 20 mSv dirata-ratakan selama masa tersebut tidak boleh lebih besar 50 mSv dalam satu tahun. Serta keadaan harus ditinjau ulang apabila seseorang pekerja radiasi mencapai penerimaan dosis sebesar 100 mSv sejak dimulai rata-rata tersebut.

- b) Perubahan sementara dari pembatasan dosis harus ditentukan oleh Instansi Berwenang akan tetapi tidak boleh lebih besar dari 50 mSv untuk masa satu tahun dan perubahan sementara ini tidak boleh lebih dari masa 5 tahun.

b. Nilai Batas Dosis untuk Penyinaran Masyarakat

Nilai batas dosis untuk masyarakat di sekitar tidak boleh melebihi batas yang telah ditentukan, yaitu

:

- 1) Dosis efektif sebesar 1 mSv dalam satu tahun.
- 2) Dalam keadaan khusus dosis efektif sampai dengan 5 mSv dalam satu tahun dengan syarat bahwa dosis rata-rata selama lima tahun berturut-turut tidak lebih dari 1 mSv dalam satu tahun.
- 3) Dosis ekuivalen pada lensa mata sebesar 15 mSv dalam satu tahun.
- 4) Dosis ekuivalen pada kulit sebesar 50 mSv dalam satu tahun.



c. Nilai Batas Dosis untuk Indonesia

- 1) Nilai batas dosis untuk penyinaran seluruh tubuh :
 - a) Nilai batas dosis untuk pekerja radiasi yang memperoleh penyinaran seluruh tubuh adalah 50 mSv dalam satu tahun.
 - b) Untuk abdomen pekerja radiasi wanita subur adalah < 13 mSv dalam kurun waktu 13 minggu dan > 50 mSv untuk pekerja radiasi wanita tidak subur.
 - c) Pada ibu hamil dari sejak hamil sampai melahirkan harus < 10 mSv.
- 2) Nilai batas dosis untuk masyarakat umum
 - a) Penyinaran tubuh untuk masyarakat adalah 5 mSv dalam satu tahun.
 - b) Penyinaran lokal untuk masyarakat adalah 5 mSv dalam satu tahun.
 - c) Untuk lensa mata adalah 50 mSv dalam satu tahun.
 - d) Untuk dosis kulit adalah 50 mSv dalam satu tahun.
 - e) Untuk kaki dan tangan adalah 50 mSv dalam setahun.
- 3) Penyinaran khusus direncanakan
 - a) Untuk satu tahun bagi pekerja radiasi tidak boleh



lebih 2 kali nilai batas dosis untuk penyinaran seluruh tubuh dan 5 kali nilai batas dosis untuk seumur hidup.

b) Penyinaran khusus direncanakan tidak boleh lebih diberikan kepada seorang pekerja radiasi apabila :

- 1) Selama satu tahun sebelumnya telah menerima dosis yang lebih besar dari nilai batas dosis yang ditentukan.
- 2) Pernah mendapat penyinaran > 5 dari nilai batas dosis yang ditentukan akibat keadaan darurat atau kecelakaan.
- 3) Pada wanita subur yang menolak dilakukan pemeriksaan radiologi, termasuk pemeriksaan radio farmaka.

6. Interpolasi

Interpolasi adalah proses pencarian dan perhitungan nilai suatu fungsi grafiknya melalui beberapa titik yang sudah diberikan. Titik-titik tersebut bisa berupa hasil eksperimen dalam sebuah percobaan maupun dari sebuah fungsi yang telah diketahui. Fungsi interpolasi yang sering digunakan dari sekelompok fungsi tertentu adalah fungsi polinomial (Sahid, 2005). Polinomial Interpolasi biasanya digunakan untuk menyelesaikan



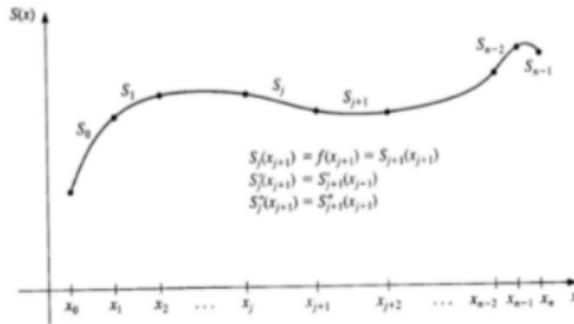
berbagai macam masalah dalam bidang teori, karena nilainya yang mudah untuk dihitung, diturunkan, diintegrasikan serta untuk menghaluskan kurva maupun menghaluskan peta melalui sekumpulan data titik, bersifat kontinu dan penyelesaian masalah ini mengarah ke fungsi-fungsi *spline*. (Sahid, 2005).

Interpolasi cubic spline $S(x)$ adalah sebuah potongan fungsi polinomial kecil-kecil yang berderajat tiga (cubic) menghubungkan antara dua titik yang bersebelahan dengan ketentuan tertentu (supriyanto, 2006), yaitu :

- a. $S_j(x)$ adalah potongan fungsi yang berada pada sub interval dari x_j hingga x_{j+1} untuk nilai $j = 0, 1, \dots, n - 1$;
- b. $S(x_j) = f(x_j)$, artinya pada setiap titik data (x_j) bersesuaian dengan $S(x_j)$ di mana $j = 0, 1, \dots, n$;
- c. $S_{j+1}(x_{j+1}) = S_j(x_{j+1})$. Pada gambar 2.7 Perhatikan titik x_{j+1} . Jika fungsi itu kontinu, maka titik x_{j+1} menjadi titik sambung antara S_j dan S_{j+1} .
- d. $S'_{j+1}(x_{j+1}) = S'_j(x_{j+1})$, untuk setiap $j = 0, 1 \dots n - 2$;
- e. $S''_{j+1}(x_{j+1}) = S''_j(x_{j+1})$, untuk setiap $j = 0, 1 \dots n - 2$;
- f. Salah satu syarat batas diantara 2 syarat batas x_0 dan x_n akan terpenuhi :
 - 1) $S''(x_0) = S''(x_n) = 0$ disebut *natural boundary*



2) $S''(x_0) = f'(x_0)$ dan $S''(x_n)$



Gambar 2.7 Pendekatan dengan polinomial cubic spline (Supriyanto, 2006)

Polinomial cubic spline S untuk fungsi f berdasarkan ketentuan diatas yaitu

$$S_j(x) = a_j + b_j(x - x_j) + c_j(x - x_j)^2 + d_j(x - x_j)^3$$

Dimana $j = 0, 1, \dots, n - 1$. Maka ketika $x = x_j$.

$$S_j(x_j) = a_j + b_j(x_j - x_j) + c_j(x_j - x_j)^2 + d_j(x_j - x_j)^3$$

$$S_j(x_j) = a_j = f(x_j)$$

Nilai a_j selalu jadi pasangan titik data dari x_j . Dengan pola tersebut maka pasangan x_{j+1} adalah a_{j+1} , konsekuensinya $S(x_{j+1})$ (Burden, dkk. 2).

B. Kajian Pustaka

Setelah peneliti melakukan penelusuran terhadap berbagai hasil penelitian yang relevan, peneliti

menemukan beberapa tulisan yang berkaitan dengan tema yang peneliti angkat, diantaranya :

1. Pertama Skripsi saudari Hasmawati (2016) yang berjudul “Analisis Dosis Paparan Radiasi sinar-X di Unit Radilogi RS. Bhayangkara Makassar”. Penelitian ini menggunakan surveymeter digital bermerk Ram ION DIG Model 4-0042 S/N : 2207-019 di mana pengukuran dilakukan pada sumber sinar-X dengan jarak titik pengukuran yang berbeda di Unit Radiologi RS. Bhayangkara Makassar, dengan tujuan untuk mengetahui dosis radiasi yang dihasilkan pesawat sinar-X, mengetahui daya serap dinding dan mengetahui dosis radiasi yang diterima oleh para pekerja.

Hasil dari pengukuran dosis radiasi dari berbagai arah di sekitar sinar-X terbesar berada pada arah samping kiri pesawat sinar-X yaitu $3600\mu\text{Sv/h}$, sedangkan pengukuran vertikal dan horizontal hasil pengukuran terbesar berada pada pengukuran vertikal pintu operator yaitu $3400\mu\text{Sv/h}$, kemampuan dinding dalam menyerap dosis radiasi sangat baik karena pengukuran di luar ruangan tidak terdeteksi radiasi dan dosis yang diterima oleh pekerja radiographer tertinggi bernilai $0,1599\mu\text{Sv/h}$ hal ini sesuai dengan



SNI yang diperbolehkan untuk pekerja yaitu $50\mu\text{Sv/h}$ dalam satu tahun.

Persamaan dari penelitian ini yaitu sama-sama menggunakan sinar-X, mengukur besar dosis yang diterima oleh pekerja radiasi. Perbedaan penelitian pada titik pengukuran, jarak pengukuran dan efektivitas proteksi radiasi.

2. Kedua jurnal fisika Rudi, dkk (2012) yang berjudul "Pengukuran Paparan Radiasi sinar-X di Instalasi Radiodiagnostik untuk Proteksi Radiasi". Penelitian ini menggunakan alat surveymeter digital di mana pengukuran dilakukan pada sumber sinar-X dan di sekitar ruang sinar-X di RS. Kariadi Semarang, dengan tujuan untuk mengetahui paparan radiasi pada tabung dan lingkungan Pesawat sinar-X Radiodiagnostik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai paparan tertinggi berada di atas tabung sinar-X nilainya sebesar $0,153 \text{ mR/jam}$, sedangkan nilai paparan radiasi yang berada disekitar ruang sinar-X berada di ruang operator *Computed Radiography* (CO) sebesar $0,031 \text{ mR/jam}$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tabung dan lingkungan sekitar sinar-X termasuk layak dipakai, karena hasil yang didapatkan tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Misalnya, tingkat paparan radiasi tidak lebih dari 100 mR/jam



dan ruang sinar-X yang berada di ruang operator *Computed Radiography* (CO) tidak boleh melebihi 2,5 mR/jam sedangkan untuk penduduk umum tidak boleh melebihi 0,25 mR/jam.

Persamaan dari penelitian ini yaitu sama-sama menggunakan Rontgen nama lainnya pesawat sinar-X atau general X-ray, mengukur dosis paparan radiasi baik di dalam ruang maupun di sekitar ruangan. Perbedaan, pada penelitian jurnal ini tidak mengukur nilai efektivitas proteksi radiasi sedangkan kan peneliti mengukur nilai efektivitas proteksi radiasi dan titik-titik pengukuran berbeda.

3. Ketiga, Jurnal Fisika Unand Martem, dkk (2015) yang berjudul "Pengukuran Dosis Radiasi Ruang Radiologi II Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Baiturrahmah Padang menggunakan Surveymeter Unfors-XI", penelitian ini menggunakan alat Surveymeter Unfors-XI. Dimana pengukuran dilakukan pada 10 titik pengukuran yang ditempatkan di dalam ruang maupun di sekitar ruangan. Pengukuran dosis radiasi dilakukan saat penyinaran panoramic dan intraoral. Hasil pengukuran dosis radiasi digunakan untuk menentukan efektivitas perisai radiasi. Hasil penelitian menunjukkan interval dosis radiasi



pada penyinaran panoramic sebesar 0,37-55,69 nGy dan penyinaran intraoral sebesar 0,074-43,76 nGy. Dari penelitian tersebut didapatkan ke efektifan perisai radiasi sebesar 99,83% saat penyinaran panoramic dan 99,83% saat penyinaran intraoral. Perisai radiasi ruang radiologi II termasuk perisai radiasi yang baik karena mampu mengurangi radiasi.

Persamaan dari penelitian ini yaitu sama-sama mengukur paparan radiasi baik yang ada disekitar ruangan maupun didalam ruangan dan mengukur efektivitas ruang radiologi. Perbedaan terletak pada alat yang digunakan yaitu pada jurnal menggunakan panoramik, surveymeter *Unfors-Xi* mampu mendeteksi dosis radiasi yang sangat rendah bahkan dalam skala nanoGray, pengambilan data dilakukan pada 10 titik. Sedangkan peneliti menggunakan general X-ray, surveymeter Ion Chamber Surveymeter 451P, pengambilan data dilakukan lebih dari 10 titik.

Dari penelitian-penelitian yang sudah terlebih dahulu dilakukan oleh para peneliti, peneliti kali ini akan menganalisa paparan dosis radiasi pada general X-ray, dengan mengukur keluaran sinar radiasi general X-ray menggunakan Ion Chamber Surveymeter model 451P digital yang diukur pada titik-titik dan jarak-jarak tertentu, kemudian hasil yang didapatkan akan



dianalisa sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (PERKA BAPETEN) dan dapat mengetahui persebaran radiasi untuk area aman di ruang lingkungan instalasi radiologi serta dapat mengetahui nilai ke efektifan proteksi radiasi.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif lapangan. Pengumpulan data dari survei lapangan berupa angka, hasil dan kondisi ruangan penelitian.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober - November 2019 di Ruang General X-ray dan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang.

C. Instrumen Penelitian

1. *Software*

Software yang digunakan untuk pengolahan data yaitu :

- a. *Microsoft Excel* 2010 digunakan untuk media perhitungan data.
- b. *Scilab* digunakan untuk membentuk kontur permukaan 3D pada hasil persebaran radiasi dengan melakukan interpolasi data hasil survei di ruang general X-ray II Instalasi Radiologi RS. Roemani Muhammadiyah Semarang.



2. Hardware

41

Hardware yang digunakan untuk pengolahan data, yaitu:

- a. General X-ray yang digunakan untuk pengambilan data, dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Nama alat : General X-ray
Merk : Listem REX-525RF (Tabung Toshiba)
Model/Type : LTN-25M
Nomor seri : 5J1028
Kondisi : 125 kV/200 mA

- b. Ion Chamber Surveymeter 451P digunakan untuk mengukur hamburan dosis radiasi. Spesifikasi dari Ion Chamber Surveymeter 451P sebagai berikut :

No Sertifikat : 4158 / KN 04 02 / KMR 5.1 / 08 /2019

Nama alat : Ion Chamber Surveymeter 451P

Merk : Fluke 451P-DE-SI-RYR Sn. 5529

Rentang / Skala : ^{137}Cs Faktor Kalibrasi

μSvh : 1,04

mSvh : 1,12

Tanggal Kalitrasi ulang : 23 Agustus 2020

- c. Meteran digunakan untuk mengukur jarak sumber



ketitik pengukuran.

- d. Phantom Ember digunakan sebagai pengganti pasien.

D. Prosedur Penelitian

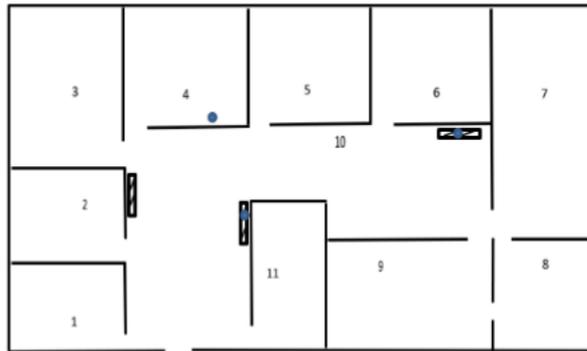
1. Tahapan Persiapan

a. Survei Lapangan

Sampel pada penelitian ini adalah titik-titik yang telah ditentukan pada instalasi radiologi. Untuk pengambilan data efektivitas proteksi radiasi, titik yang di ambil adalah ruang operator yang berjarak 3 meter dari phantom air dan di luar ruang general X-ray II yang berjarak 3,5 meter dari phantom air. Untuk pengambilan data paparan radiasi di ukur pada ruang operator yang berjarak 3 meter dari phantom air, ruang pelayanan yang berjarak 7 meter dari phantom air dan ruang tunggu, ruang tunggu dibagi menjadi dua yaitu ruang tunggu di depan ruang general X-ray II yang berjarak 3,5 meter dan ruang tunggu didepan ruang pelayanan radiologi yang berjarak 8 meter dari phantom air. Untuk pengambilan data persebaran radiasi di ruang general X-ray dilakukan di 5 titik dimana setiap titik di ukur di 3 titik dengan



jarak masing-masing 0,4 m, 0,8 m, dan 1,2 m. Setiap titik dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali untuk mengetahui hasil tersebut relevan atau tidak. Desain survei lokasi penelitian di ruang instalasi radiologi dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



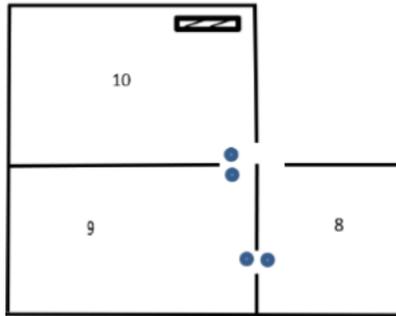
Gambar 3.1 Denah Ruang Instalasi Radiologi

Keterangan :

- 1) Ruang Transit
- 2) Ruang ESWL
- 3) Ruang General X-ray I
- 4) Ruang Pelayanan Radiologi
- 5) Ruang USG
- 6) Ruang panoramic
- 7) Ruang CT-Scan
- 8) Ruang Operator



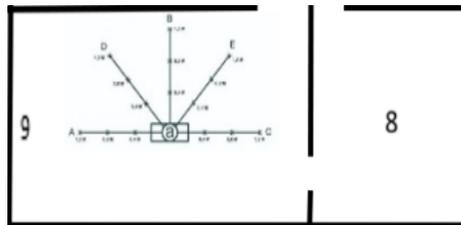
- 9) Ruang General X-ray II
- 10) Ruang Tunggu
- 11) WC dan Gudang



Gambar 3.2 Denah Ruang General X-ray II dan Ruang Operator

Keterangan :

- 8. Ruang Operator
- 9. Ruang General X-ray II
- 10. Ruang Tunggu



Gambar 3.3 Denah Ruang General X-ray beserta titik untuk sebaran radiasi

Keterangan :

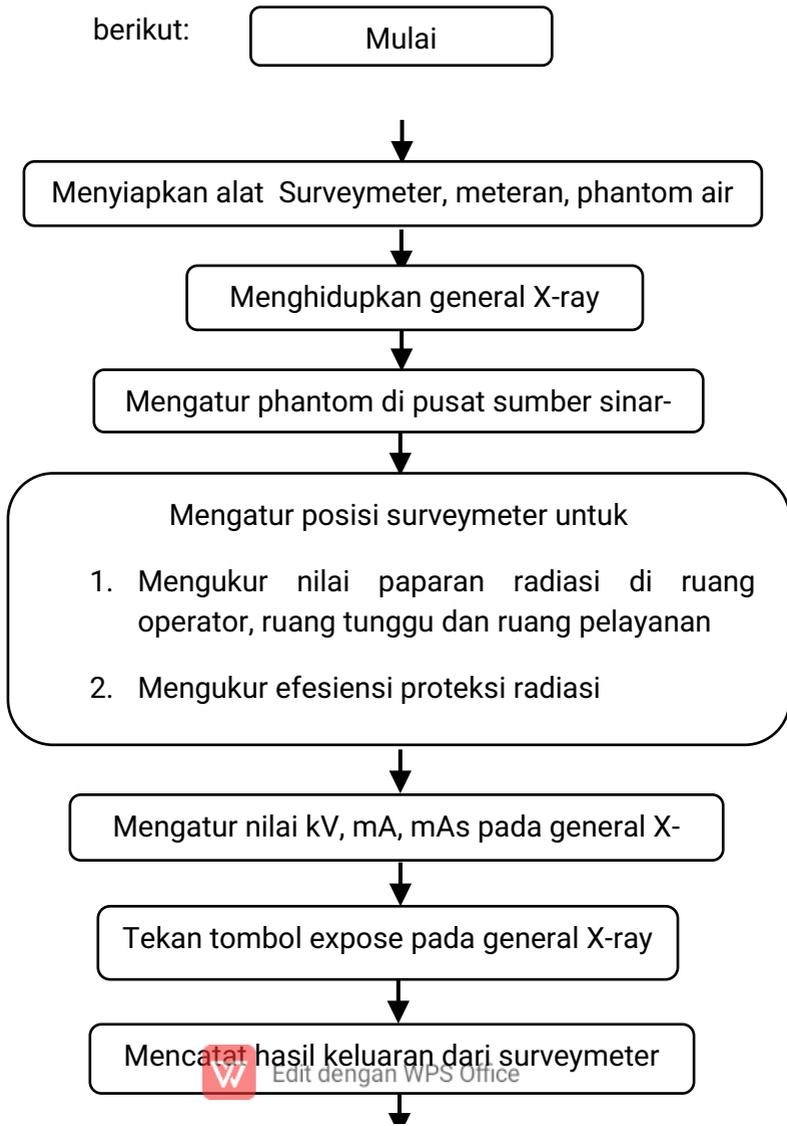
8. Ruang Operator
9. General X-ray
 - a. general X-ray
 - b. Akuisi Data
 - 1) Penelitian dilakukan di ruang Instalasi Radiologi RS. Roemani Muhammadiyah Semarang pengukuran dilakukan selama kurang dari 10 detik setiap titik penelitian, sekali ekspose selama 2 detik. Parameter yang didapatkan dari hasil pengukuran surveymeter yaitu nilai hamburan variasi general X-ray.
 - 2) General X-ray di atur dengan ketinggian sesuai yang ditentukan
 - 3) Phantom air (Ember) diisi dengan air terlebih dahulu, kemudian di letakkan tepat di bawah source general X-ray.
 - 4) Surveymeter di letakkan di titik yang telah di tentukan terlebih dahulu pada ruang-ruang tertentu dan surveymeter di letakkan di titik yang telah diukur menggunakan meteran pada saat pengambilan data persebaran radiasi dengan mode freez.
 - 5) Nilai kV, mA, mAs di atur.



- 6) Tekan mode mulai untuk memulai ekspose.
- 7) Setelah ekspose dilakukan data yang muncul pada alat surveymeter dicatat.

E. Diagram Alir Penelitian

Tahapan pengambilan data dijelaskan sebagai berikut:



Analisis data dilakukan dengan cara mengolah data pengukuran, data dilakukan baik di sekitar tabung dan di sekitar alat general X-ray. Setelah data diolah kemudian dilakukan verifikasi data menurut acuan paparan radiasi. Untuk pengukuran paparan radiasi general X-ray, tolok ukur tingkat paparan radiasi tidak boleh lebih dari 100 mR/jam. Tolok ukur paparan radiasi yang di tempati oleh pekerja radiasi tidak boleh melebihi 2,5 mR/jam, sedangkan untuk masyarakat umum tidak boleh melebihi 0,25 mR/jam.

Untuk efektivitas proteksi radiasi menggunakan rumus yaitu :

$$\text{Efektifitas (\%)} = \frac{D_o - D_a}{D_o} \times 100\%$$

Keterangan :

D_o : Dosis Awal

D_a : Dosis Akhir





Edit dengan WPS Office

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

Penelitian ini menghasilkan nilai paparan radiasi yang ada di Instalasi Radiologi RS. Roemani Muhammadiyah Semarang diukur melalui beberapa titik diantaranya ruang operator, ruang pelayanan dan ruang tunggu. Hasil penelitian tersebut dirangkum dalam beberapa bagian yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Paparan Radiasi yang Diterima Radiographer

Paparan radiasi ini diukur untuk mengetahui berapa besar radiasi yang diterima oleh radiographer di tempat pekerja saat melakukan ekspose maupun pada saat melayani masyarakat di ruang pelayanan. Pengukuran paparan radiasi diukur pada 2 ruang yang di tempati oleh para pekerja yaitu ruang operator dan ruang ruang pelayanan. Untuk nilai batas dosis paparan radiasi bagi pekerja radiasi menurut peraturan bapeten adalah 2,5 mR/h atau 25 μ Sv/jam.

a. Paparan radiasi pada ruang operator

Ruang operator berjarak 3 m dari sumber sinar-X



general X-ray, nilai yang terukur adalah 0,0354 ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$). Nilai tersebut jauh dari nilai batas dosis yang ditetapkan, sehingga para pekerja yang menempati ruang operator pada saat melakukan ekspose masih aman. Hasil pengukuran paparan radiasi pada ruang operator ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4.1 Hasil pengukuran paparan radiasi di Ruang Operator

No	Jarak dari sumber	Data ke-	Jumlah paparan radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Hasil terukur ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)
1		1	0.0416	
2		2	0.0312	
3	3 meter	3	0.0416	0.0354
4		4	0.0416	
5		5	0.0208	

b. Paparan radiasi pada ruang pelayanan

Ruang pelayanan berjarak 7 m dari sumber sinar-X general X-ray, nilai yang terukur adalah 0 atau tidak terukur nilai paparan radiasinya saat dilakukan ekspose. Hasil pengukuran paparan radiasi pada ruang penelitian ditunjukkan oleh

tabel berikut:

Tabel 4.2 Hasil pengukuran paparan radiasi pada ruang pelayanan

No	Jarak dari sumber	Data ke-	Jumlah paparan radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Hasil terukur ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)
1		1	0	
2		2	0	
3	7	3	0	0
4	Meter	4	0	
5		5	0	

2. Paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat sekitar ruang radiologi

Paparan radiasi ini diukur untuk mengetahui seberapa besar paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat sekitar ruang radiologi. Ruang tunggu pada ruang radiologi terdapat dua tempat yaitu



dengan jarak 3,5 m dan 8 m. Hasil pengukuran paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat umum ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3 hasil pengukuran paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat pada jarak 3,5 m

No	Jarak dari sumber	Data ke-	Jumlah paparan radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Hasil terukur ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)
1	3.5 meter	1	0.0104	0.0146
2		2	0.0104	
3		3	0.0208	
4		4	0.0104	
5		5	0.0208	

Tabel 4.4 hasil pengukuran paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat pada jarak 8 m



No	Jarak dari sumber	Data ke-	Jumlah paparan radiasi ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Hasil terukur ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)
1		1	0	
2		2	0	
3	8 meter	3	0	0
4		4	0	
5		5	0	

3. Efektivitas proteksi radiasi

Efektivitas proteksi radiasi sebagai acuan untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa efektif proteksi radiasi pada instalasi radiologi. Pada penelitian ini di ukur nilai ke efektifan proteksi yang berhubungan dengan para pekerja dan masyarakat, dengan melakukan pengukuran pada titik ruang operator dan pintu ruang radiologi general X-ray, jika semakin besar efektivitas proteksi radiasi suatu ruangan maka proteksi radiasi ruangan tersebut semakin baik dalam menyerap radiasi.

a. Efektivitas proteksi radiasi pada ruang operator

Dosis radiasi pada ruang operator telah diukur dengan jarak 3 m dari sumber sinar-X, untuk mengetahui nilai efektivitas proteksi radiasi pada ruang operator. Pengukuran



dilakukan menghasilkan dua dosis yaitu dosis awal yakni di mana radiasi belum menembus proteksi radiasi dan dosis akhir yakni radiasi sudah menembus proteksi radiasi. Hasil pengukuran efektivitas proteksi radiasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5 hasil pengukuran efektivitas proteksi radiasi pada ruang operator

No	Jarak dari sumber	Data ke-	Dosis awal ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Dosis akhir ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Efektivitas (%)
1		1	0.0936	0.0104	
2		2	0.0832	0.0104	
3	3 meter	3	0.0936	0.0208	83.33
4		4	0.0736	0.0104	
5		5	0.0936	0.0208	

b. Efektivitas proteksi radiasi pada pintu ruang general X-ray II

Dosis radiasi pada pintu ruang general X-ray II telah diukur dengan jarak 2,5 m dari sumber sinar-X, untuk mengetahui nilai efektivitas proteksi radiasi pada pintu. Pengukuran dilakukan menghasilkan dua dosis yaitu dosis

awal yakni di titik pintu ruang general X-ray dan dosis akhir yakni di titik pintu luar ruang general X-ray. Hasil pengukuran efektivitas proteksi radiasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 hasil pengukuran efektivitas proteksi radiasi pada pintu ruang general X-ray II

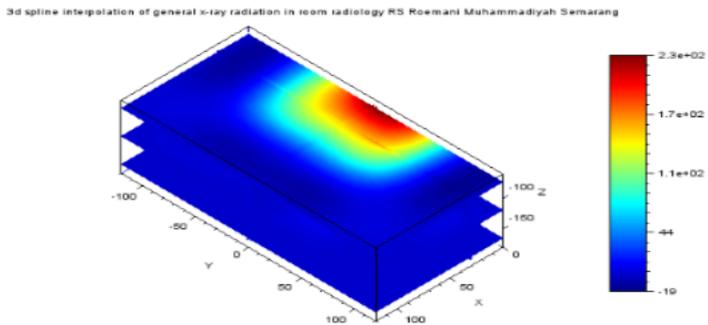
No	Jarak dari sumber	Data ke-	Dosis awal ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Dosis akhir ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$) x Faktor Kalibrasi (1.04)	Efektivitas (%)
1		1	0.0936	0.0104	
2		2	0.0832	0.0208	
3	2.5 meter	3	0.0932	0.0104	84.09
4		4	0.104	0.0208	
5		5	0.0832	0.0104	

4. Pola sebaran paparan radiasi di ruang general X-ray II

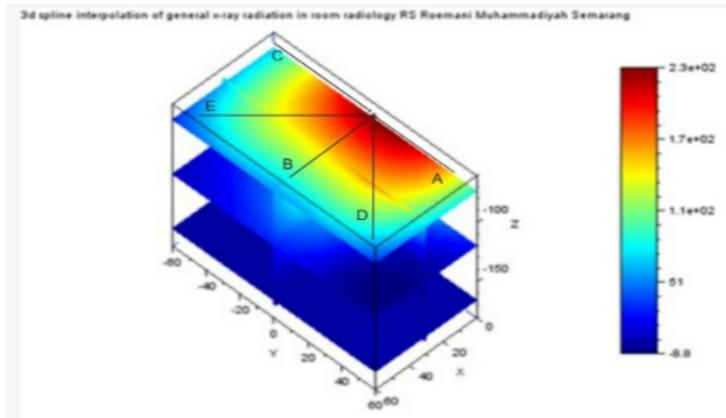
Pengukuran paparan radiasi juga dilakukan di dalam ruang general X-ray II, dimana pengukuran dilakukan untuk mengetahui pola persebaran radiasi yang ada di dalam ruang general X-ray, dengan cara melihat langsung pola distribusi kemudian menginterpolasikan data-data pengukuran diseluruh ruang general X-ray II yang diambil beberapa titik



berbeda. Dari hasil pengukuran ini dapat diketahui titik-titik mana saja yang aman dari radiasi. Pengukuran ini dilakukan dengan 5 sudut yang berbeda tetapi memiliki jarak yang sama. Hasil pengukuran paparan radiasi dibuat dalam kontur permukaan 3D menggunakan *Software Scilab* dengan melakukan interpolasi hasil survei.



Gambar 4.1 Hasil kontur 3D pola persebaran radiasi di ruang general X-ray II ebox 120



Gambar 4.2 Hasil kontur 3D pola persebaran radiasi di ruang general X-ray II ebox 60

B. PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui nilai paparan radiasi yang diterima oleh para pekerja radiographer dan masyarakatsekitar ruang radiologi, mengetahui nilai keefektifan proteksi radiasi pada ruang operator dan pintu ruang general X-ray II serta mengetahui pola sebaran paparan radiasi di dalam ruang general X-ray II menggunakan *software scilab* untuk mendapatkan plot 3D.

1. Paparan Radiasi yang Diterima Para Radiographer

Paparan radiasi ini diukur untuk mengetahui

berapa besar radiasi yang diterima oleh para pekerja radiographer di tempat pekerja saat melakukan ekspose maupun pada saat melayani masyarakat di ruang pelayanan menggunakan alat surveymeter digital yaitu tipe *ion chamber surveymeter* 451P.

Dengan adanya pengukuran paparan radiasi ditempat kerja maka akan sangat membantu para pekerja untuk mengetahui berapa radiasi yang mengenainya kemudian dapat membatasi diri dalam penerimaan paparan radiasi selama menjalankan tugas di ruang radiologi. Pengukuran paparan radiasi diukur pada 2 ruang yang ditempati oleh para pekerja yaitu ruang operator dan ruang pelayanan.

Untuk nilai batas dosis paparan radiasi bagi pekerja radiasi menurut Peraturan BAPETEN adalah 2,5 mR/h atau 25 μ Sv/jam.

a. Paparan radiasi pada ruang operator

Hasil pengukuran paparan radiasi pada ruang operator tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan masih aman, karena nilai tersebut masih jauh di bawah nilai batas dosis yang telah diterapkan oleh Perka BAPETEN. Sehingga para pekerja ketika melakukan ekspose



untuk pasien tidak banyak mendapatkan paparan radiasi yang dihasilkan oleh radiasi general X-ray II. Ruang operator tidak terdapat paparan radiasi yang banyak karena ruang operator tembok serta pintu yang sudah dilapisi oleh timbal, kaca yang terdapat pada pintu terbuat dari timbal yang sudah disesuaikan dengan peraturan perka BAPETEN.

b. Paparan radiasi pada ruang pelayanan

Hasil pengukuran paparan radiasi pada ruang pelayanan tabel 4.2 yang berasal dari sinar-X general X-ray II tidak terukur nilai paparan radiasinya. Pada alat ion *chamber surveymeter* 451P digital tidak terdeteksi adanya sinar-X pada saat dilakukan ekspose. Hal tersebut dapat terjadi karena jarak yang cukup jauh dari sinar-X, selain jarak yang jauh ruang pelayanan juga terhalang oleh pintu dan tembok ruang general X-ray dilapisi oleh timbal serta pintu ruangan yang selalu tertutup. dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa pada koridor karyawan aman dari paparan radiasi.



2. Paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat sekitar ruang radiologi

Paparan radiasi ini diukur untuk mengetahui seberapa besar paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat. Masyarakat yang dimaksud adalah masyarakat umum selain pasien radiasi seperti keluarga dan para masyarakat yang berada di lingkungan ruang instalasi radiologi.

Mengingat azas optimasi untuk melindungi pasien dan orang yang berada di sekitarnya, dengan cara dosis harus ditekan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi. Selain itu dengan adanya pengukuran paparan radiasi dapat mencegah adanya efek stokastik dan deterministik.

Untuk nilai batas dosis masyarakat umum yaitu 0,24 mR/h atau 2.5 μ Sv/jam. Paparan radiasi diukur di ruang tunggu di mana masyarakat sekitar ruang radiologi banyak beraktivitas salah satunya adalah menunggu keluarga yang sedang melakukan pemeriksaan di dalam.

Ruang tunggu di instalasi radiologi terdapat 2 tempat yaitu di depan ruang general X-ray dan



didepan ruang pelayanan, ruang tunggu di depan general X-ray nilai yang dihasilkan pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai paparan radiasi jauh dari nilai batas dosis yang telah ditentukan perka BAPETEN dan ruang tunggu di depan ruang pelayanan nilai yang dihasilkan pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai paparan radiasinya 0 atau alat surveymeter tidak mendeteksi adanya keluaran sinar-X.

Hasil dari kedua pengukuran menunjukkan bahwa paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat dalam kondisi aman karena paparan radiasi diserap baik oleh timbal yang ada di sekitar ruangan general X-ray II dan pintu-pintu selalu tertutup dengan rapat sehingga kemungkinan untuk lolosnya radiasi sangat sedikit.

3. Efektivitas proteksi radiasi

Penggunaan proteksi radiasi dapat mengurangi paparan radiasi eksponensial serta pemasangan proteksi radiasi ini untuk mengurangi dosis radiasi yang mengenai organ tubuh manusia. Dalam perancangan untuk keselamatan radiasi, proteksi



radiasi dibagi menjadi 2 jenis yaitu proteksi primer dan proteksi sekunder. Penelitian ini proteksi yang diukur ke efektivitasnya adalah proteksi sekunder, dimana proteksi ini dirancang untuk perlindungan terhadap kebocoran radiasi dan radiasi hambur.

Menurut perka BAPETEN No 8 Tahun 2011 mengenai keselamatan radiasi dalam penggunaan general X-ray radiologi diagnostik dan intervensional tertulis mengenai persyaratan bangunan fasilitas dan penggunaan sinar-X untuk keselamatan radiasi. Persyaratan tersebut adalah pembatas dosis untuk para pekerja radiasi yaitu dinding ruangan dan pintu yang berbatasan langsung dengan ruang pekerja radiasi, sedangkan pembatas dosis untuk masyarakat yaitu dinding ruangan dan pintu yang berbatasan langsung dengan akses masyarakat. Untuk mencapai kondisi ruangan yang aman bagi pekerja radiasi, pasien dan masyarakat maka telah ditetapkan standart oleh BAPETEN, yaitu bahan yang digunakan setara dengan 2 mm timbal (Pb). Tujuan utama menggunakan timbal (Pb) sebagai proteksi radiasi adalah untuk mereduksi dosis sinar-X sehingga dosis yang diterima oleh masyarakat sekitar ruang radiologi lebih rendah dari nilai batas dosis



(NBD). Oleh sebab itu, penelitian ini diukur nilai efektivitas proteksi radiasi yang berhubungan dengan para pekerja radiasi dan masyarakat sekitar.

Titik pengukuran dilakukan di dua tempat yaitu pada ruang operator dan pintu ruang general X-ray II. Nilai efektivitas ini sebagai acuan untuk mengetahui keefektifan proteksi radiasi dalam menyerap radiasi eksternal yang timbul pada saat ekspose dilakukan. Nilai efektivitas proteksi radiasi tidak ada dalam peraturan tetapi jika nilai efektivitas proteksi radiasi semakin besar maka semakin bagus proteksi radiasi dalam menyerap radiasi yang ada, sehingga semakin berkurang efek radiasi terkena oleh tubuh manusia.

a. Efektivitas proteksi radiasi pada ruang operator

Hasil perhitungan efektivitas proteksi radiasi pada ruang operator tabel 4.5 nilai yang dihasilkan cukup besar yaitu 83.33 %. Hal ini berarti bahwa proteksi radiasi pada ruang operator cukup aman, karena proteksi yang dapat menyerap radiasi dengan baik. Sehingga para pekerja dalam kondisi aman saat melakukan pemeriksaan, walaupun aman para pekerja harus memperhatikan limitasi waktu dan



selalu menggunakan penghitung radiasi (TLD), untuk dapat mengetahui seberapa besar paparan yang dikenainya.

b. Efektivitas proteksi radiasi pada pintu ruang general X-ray II

Hasil perhitungan efektivitas proteksi radiasi pada pintu ruang general X-ray II dapat dilihat pada tabel 4.6 nilai yang dihasilkan cukup besar yaitu 84.09 %. Hal ini berarti bahwa proteksi radiasi pada pintu ruang general X-ray II cukup aman, karena proteksi yang ada dapat menyerap radiasi dengan baik. Sehingga masyarakat sekitar yang sedang menunggu pasien menjalankan pemeriksaan dalam kondisi aman. Walaupun ruang tunggu dalam kondisi aman, para masyarakat juga perlu memerhatikan limitasi waktu, yaitu langsung pergi ketika pemeriksaan pada pasien telah selesai.

4. Pola sebaran paparan radiasi di ruang general X-ray II

Berdasarkan hasil interpolasi kontur pemetaan 3D pada gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa



pada gambar 4.1 bahwa warna merah tua ke merah menunjukkan nilai paparan radiasi yang tinggi sedangkan warna kuning ke hijau menunjukkan nilai paparan radiasi yang sedang dan warna biru muda ke biru tua menunjukkan nilai paparan radiasi yang rendah. Nilai sebaran tertinggi dengan nilai $2.3e+2$ ditandai dengan warna merah tua, dimana letak paling dekat berada pada titik 0.4m dari sumber general X-ray sedangkan nilai sebaran terendah dengan nilai $-8.8 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ ditandai dengan warna biru tua, di mana letak paling jauh pada titik di atas 1.2m dari sumber general X-ray.

Hal tersebut memperlihatkan bahwa semakin jauh jaraknya dengan sumber radiasi maka nilai paparan radiasi dosis yang terukur akan semakin rendah, sehingga nilai $D \sim \frac{1}{r^2}$ atau dosis yang berbanding terbalik dengan kuadratnya berlaku pada ruang general X-ray II.

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pola 3D lebih jelas karena skala diperkecil, sehingga dapat menampilkan pola sebaran yang lebih jelas dari pada gambar 4.1, dimana efek radiasi yang sangat kecil tidak tampak pada pola tersebut.



Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pengukuran ini adalah jarak. Untuk waktu dan tegangan serta arus yang digunakan adalah sama yaitu tegang 60 kV, arus 2 mA, lama ekspose 2 detik sedangkan response alat ± 5 detik sehingga lama pengambilan satu data kurang dari 10 detik.

Al-Quran Tafsir QS. Al-Muddassir ayat 5 oleh Kementerian Agama RI, ayat ini Allah menerangkan bahwa manusia diperintah untuk meninggalkan perbuatan yang keji (merusak). Oleh sebab itu perlunya pengukuran hamburan radiasi diruangan instalasi radiologi agar semua yang berada didalam lingkungan tersebut dapat mengetahui titik-titik aman dan perhitungan efektivitas proteksi radiasi agar mengetahui tingkat penyerapan pada pintu ruangan sehingga tubuh manusia dapat terlindungi dari paparan sinar radiasi secara langsung sehingga masyarakat yang berada di lingkungan dapat mencegah terkena hamburan radiasi atau mencegah kerusakan yang ada pada organ tubuh.





Edit dengan WPS Office

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai dosis yang diterima oleh radiographer dan masyarakat sekitar ruangan yaitu:
 - a. Paparan radiasi yang diterima oleh radiographer adalah
 - 1) Pada ruang operator sebesar $0.0354 \mu\text{Sv}/\text{jam}$, nilai tersebut jauh di bawah nilai batas dosis yaitu $2.5 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ sehingga masih aman untuk para radiographer.
 - 2) Pada ruang pelayanan sebesar $0 \mu\text{Sv}/\text{jam}$, nilai tersebut tidak diketahui karena letak ruangan yang jauh dari ekspose sehingga ruang pelayanan cukup aman untuk para radiographer.
 - b. Paparan radiasi yang diterima oleh masyarakat sekitar adalah
 - 1) Pada ruang tunggu yang berjarak $3,5 \text{ m}$ sebesar $0.0146 \mu\text{Sv}/\text{jam}$, nilai tersebut jauh di bawah nilai batas dosis yaitu $2.5 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ sehingga masih aman untuk masyarakat yang sedang menunggu pasien dalam

melaksanakan pemeriksaan.

2) Pada ruang tunggu berjarak 8 m sebesar 0 μ Sv/jam, nilai tersebut tidak diketahui karena letak ruang tunggu yang jauh dari ekspose sehingga ruang tersebut cukup aman untuk masyarakat sekitar.

2. Nilai efektivitas proteksi radiasi

a. Efektivitas pada ruang operator sebesar 82.05 % sehingga ruangan cukup aman, karena proteksi yang ada dapat menyerap radiasi dengan baik.

b. Efektivitas pada pintu general X-ray II sebesar 81.08 % sehingga proteksi radiasi pada pintu ruang general X-ray II cukup aman, karena proteksi yang ada dapat menyerap radiasi dengan baik.

3. Pola sebaran paparan radiasi

Semakin jauh jaraknya dengan sumber radiasi maka nilai paparan radiasi dosis yang terukur akan semakin rendah.

B. Saran

Perlu adanya pengkajian tambahan agar nilai efektivitas bisa ditingkatkan kembali.



DAFTAR PUSTAKA

- A.B. Sugiratu M. A. Tasa. 2012. *Analisis Dosis Radiasi Untuk Aplikasi Ruang ICU*. Universitas Hasanudin.
- Afrina, H. Rianna, M. dkk. 2017. *Pengukuran dan Analisis Dosis Radiasi Keluaran pada Pesawat Sinar-X yang Berusia Lebih dari 10 Tahun pada Rumah Sakit di Kota Medan*. J. Aceh Phy. Soc. Vol. 7, No. 1 pp. 1-5, 2018.
- Ancila, C. Hidayanto, E. 2016. *Analisis Dosis Paparan Radiasi pada Instalasi Radiologi Dental Panoramik*. Youngster Physics Journal Vol. 5 No. 4, Oktober 2016:441-450.
- BATAN, 2005. *Keselamatan dan Kesehatan Terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion*. Diklat Proteksi Radiasi, Pusat Pendidikan dan Latihan BATAN. Jakarta
- Burden R.L, Faires J.D. 2002. *Numerical Analysis*. Ninth Edition.
- Cember Herman. 1983. *Pengantar Fisika Kesehatan Edisi Kedua – Telah Direvisi dan Diperluas*. IKIP Semarang Press; Pergamon Press.
- Daenuri, A. 2011. *Sistem Proteksi Radiasi : Analisis Terhadap Bidang Radiologi Rumah Sakit*. Jurnal Phenomenon, Volume 1 Nomor 1, Juli 2011.
- Dr. Eng. Supriyanto, M.Sc. 2006. *Interpolasi Cubic Spline*. Lab. Komputer, Departemen Fisika, Universitas Indonesia.



- Drs. Muklis Akhadi 2000. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Gabriel JF. 2005. Fisika Kedokteran. Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta: EGC.
- Hasmawati. 2016. *Analisis Dosis Paparan Radiasi Sinar-X Diunit Radiologi RS. Bhayangkara Makassar*. Skripsi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Makassar.
- Hiswara Eri. 2015. Buku Pintar Proteksi Radiasi dan Keselamatan Radiasi Di Rumah Sakit. BATAN Press.
- Kari and Saunamaki. 2010. *Radiation Protection in the Catheterization Laboratory. Interventional Journal 2* (5):667-672.
- Kementrian Agama RI. 1989. *Mushaf Al-Qur'an 30 juz*. Bandung: CV. Gama Risalah Faris.
- Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir NO. 1 Tahun 1999. *Ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi*.
- Laitabun, Y.M, Heri, S., dan Choirul, A., 2013. Pengukuran laju paparan radiasi sinar-x pada ruang operator RSUD. Prof. Dr. W. Z. Johannes Kupang, Youngster phys ics Jurnal, Vol. 2, No. 1, Fisika Undip, hal 49-52.
- Martem, D. R. Milvita, D. dkk. 2015. *Pengukuran Dosis Radiasi Ruangan Radiologi II Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Baiturrahman Padang Menggunakan Surveymeter Unfors-XI*. Jurnal Fisika Unand Vol. 4 No. 4. Oktober 2015.
- Maryanto, Djoko. 2008. *Analisis Keselamatan Kerja Radiasi Pesawat Sinar-X di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta*. Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir.
- Midel Yoel, L. Susanto, H. dan Anam, C. 2013. *Pengukuran*



Laju Paparan Radiasi Sinar-X Pada Ruang Operator RSUD. Prof.DR.W.Z. Johannes Kupang. Youngster Physics Journal, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.

Mukminah, N. Iswadi dan Ihsan. 2013. *Analisis Linearitas Keluaran Radiasi Pada X-Ray Mobile dengan Menggunakan Piranha.* Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar.

Nuzula, I. R. 2016. *Kajian dan Analisis Pelat Timbal (Pb) Bekas Tutup Instalasi pada Atap Rumah sebagai Bahan Proteksi Radiasi Sinar-X.* Skripsi Universitas Negeri Semarang.

Raudhah, U. 2008. *Distribusi Terimaan Dosis Radiasi Pada Kegiatan Radiografi Dental Anak.* Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas Padang.

Rudi, Pratiwi dan Susilo. 2012. *Pengukuran Paparan Radiasi Pesawat Sinar-X Di Instalasi Radiodiagnostik Untuk Proteksi Radiasi.* Jurnal Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang Gunungpati, Semarang. Jawa Tengah.

Sahid. 2005. *Pengantar Komputasi Numerik dengan MATLAB.* Universitas Negeri Yogyakarta: Andi Yogyakarta.

Setiawan Rudi. 2012. *Pengukuran Paparan Radiasi Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi Radiodiagnostik Untuk Proteksi Radiasi.* STIKES An-Naser Kaliwades, Sumber, Cirebon Jawa Barat Indonesia.

Sopandi, Y dan Rachmatiah, I. 2013. *Evaluasi Pengaruh Paparan Radiasi Terhadap Efek Sitotoksik dan Genotoksik Pada Allium Cepa Sebagai Bioindikator Kondisi Lingkungan Kerja Bagian Radiologi Rumah Sakit.* Jurnal Teknik Lingkungan Volume 19 Nomor 2 Hal 205-214.



Sutjipto Tito, *Perancangan dan Penahan Radiasi Di Unit Radiologi Untuk Diagnostik Menggunakan Sinar-X*. Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

Williams, J. R. Montgomery, A. 2000. *Measurements of Dose in Panoramic Dental Radiology*. The British Journal of Radiology. 73(2000). 1002-1006.

<http://gradiology.com.au/service/general-x-ray> diakses 20 september 2019.

<http://www.bing.com/images> diakses 20 september 2019.



Lampiran I

Hasil Perhitungan Paparan Radiasi

A. Ruang Operator

$$1 \quad 0.04 \times 1.04 = 0.0416$$

$$2 \quad 0.03 \times 1.04 = 0.0312$$

$$3 \quad 0.04 \times 1.04 = 0.0416$$

$$4 \quad 0.04 \times 1.04 = 0.0416$$

$$5 \quad 0.02 \times 1.04 = 0.0208$$

Jumlah Total

$$= 0.0416 + 0.0312 + 0.0416 + 0.0416 + 0.0208$$

$$= 0.1768$$

Jumlah Rata- Rata

$$= 0.1768 : 5$$

$$= 0.03536$$

B. Ruang Tunggu pada Jarak 3.5 m

$$1 \quad 0.01 \times 1.04 = 0.0104$$

$$2 \quad 0.01 \times 1.04 = 0.0104$$

$$3 \quad 0.02 \times 1.04 = 0.0208$$

$$4 \quad 0.01 \times 1.04 = 0.0104$$

$$5 \quad 0.02 \times 1.04 = 0.0208$$

Jumlah Total

$$= 0.0104 + 0.0104 + 0.0208 + 0.0104 + 0.0208$$

$$= 0.0728$$

Jumlah Rata-Rata

$$= 0.0728 : 5$$

$$= 0.01456$$



Lampiran 2

Hasil Perhitungan Efektivitas Proteksi Radiasi

A. Ruang Operator

a. Dosis awal

$$1 \quad 0.09 \times 1.04 = 0.0936$$

$$2 \quad 0.08 \times 1.04 = 0.0832$$

$$3 \quad 0.09 \times 1.04 = 0.0936$$

$$4 \quad 0.07 \times 1.04 = 0.0736$$

$$5 \quad 0.09 \times 1.04 = 0.0936$$

Jumlah Total

$$= 0.0936 + 0.0832 + 0.0936 + 0.0736 + 0.0936$$

$$= 0.4368$$

Jumlah Rata-Rata

$$= 0.4368 : 5$$

$$= 0.08736$$

b. Dosis akhir

$$1 \quad 0.02 \times 1.04 = 0.0208$$

$$2 \quad 0.01 \times 1.04 = 0.0104$$

$$3 \quad 0.01 \times 1.04 = 0.0104$$

$$4 \quad 0.02 \times 1.04 = 0.0208$$

$$5 \quad 0.01 \times 1.04 = 0.0104$$

Jumlah Total

$$= 0.0208 + 0.0104 + 0.0104 + 0.0208 + 0.0104$$

$$= 0.0728$$

Jumlah Rata- Rata

$$= 0.0728 : 5$$

$$= 0.01456$$



c. Nilai Efektivitas

$$\begin{aligned} & \frac{D_o - D_a}{D_o} \times 100\% \\ &= \frac{0.08736 - 0.01456}{0.08736} \times 100\% \\ &= 83.33\% \end{aligned}$$

B. Pintu General X-Ray

a. Dosis Awal

1 $0.09 \times 1.04 = 0.0936$

2 $0.07 \times 1.04 = 0.0832$

3 $0.06 \times 1.04 = 0.0936$

4 $0.08 \times 1.04 = 0.104$

5 $0.07 \times 1.04 = 0.0832$

Jumlah Total

$$= 0.0936 + 0.0832 + 0.0936 + 0.104 +$$

$$0.0832$$

$$= 0.04576$$

Jumlah Rata-Rata

$$= 0.04576 : 5$$

$$= 0.09152$$

b. Dosis Akhir

1 $0.01 \times 1.04 = 0.0104$

2 $0.02 \times 1.04 = 0.0208$

3 $0.01 \times 1.04 = 0.0104$

4 $0.02 \times 1.04 = 0.0208$

5 $0.01 \times 1.04 = 0.0104$

Jumlah Total

$$= 0.0104 + 0.0208 + 0.0104 + 0.0208 +$$

$$0.0104$$

$$= 0.0728$$

Jumlah Rata-Rata

$$= 0.0728 : 5$$



$$= 0.01456$$

c. Nilai Efektivitas

$$\begin{aligned} & \frac{D_o - D_a}{D_o} \times 100\% \\ &= \frac{0.09152 - 0.01456}{0.09152} \times 100\% \\ &= 84.09\% \end{aligned}$$



Lampiran 3

Data Pengukuran Arah A, B, C, D, dan E

Nilai kV = 70, mA = 200, mAs = 2

1. Data Pengukuran pada Ketinggian 68 cm

A. Data Pengukuran Arah A

No	Arah A		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	166.4	18.72	0.624
2	187.2	18.72	0.624
3	187.2	16.64	0.832
4	166.4	18.72	0.832
5	208	17.68	0.624
Rata-rata	183.04	18.096	0.707

B. Data Pengukuran Arah B

No	Arah B		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	114.4	11.96	0.728
2	114.4	11.96	0.624
3	130	11.44	0.624
4	124.8	11.44	0.676
5	114.4	12.48	0.728
Rata-rata	119.6	11.856	0.676

C. Data Pengukuran Arah C

No	Arah C		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	135.2	13	0.676
2	124.8	13	0.676
3	124.8	11.44	0.728
4	130	12.48	0.728
5	114.4	11.96	0.676



Rata-rata	125.84	12.376	0.6968
-----------	--------	--------	--------

D. Data Pengukuran Arah D

No	Arah D		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	228.8	7.28	4.16
2	228.8	7.28	4.16
3	208	7.875	3.744
4	218.4	8.32	3.848
5	208	8.32	4.16
Rata-rata	218.4	7.815	4.0144

E. Data Pengukuran Arah E

No	Arah E		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	208	6.24	3.12
2	197.6	6.76	3.12
3	202.8	6.24	3.64
4	208	7.28	3.432
5	202.8	7.28	3.328
Rata-rata	203.84	6.76	3.328

2. Data Pengukuran pada Ketinggian 78 cm

A. Data Pengukuran Arah A

No	Arah A		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	156	15.6	2.08
2	156	15.08	1.872
3	145.6	15.6	1.56
4	150.8	14.56	1.56
5	161.2	16.12	1.872
Rata-rata	153.92	15.392	1.7888

B. Data Pengukuran Arah B

No	Arah B		
	Jarak 40 cm	Jarak 40 cm	Jarak 40 cm



1	104	13.52	1.04
2	124.8	13	1.248
3	124.8	13.416	1.04
4	104	13.312	1.352
5	114.4	13.52	1.56
Rata-rata	114.4	13.3536	1.248

C. Data Pengukuran Arah C

No	Arah C		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	145.6	13.52	1.56
2	150.8	12.48	1.248
3	150.8	13	1.456
4	145.6	13	1.56
5	143.52	13.52	1.456
Rata-rata	147.264	13.104	1.456

D. Data Pengukuran Arah D

No	Arah D		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	150.8	8.32	2.6
2	145.6	8.925	2.392
3	145.6	7.28	2.08
4	140.4	7.8	2.288
5	140.4	7.8	2.08
Rata-rata	144.56	8.025	2.288

E. Data Pengukuran Arah E

No	Arah E		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120cm
1	156	9.36	3.12
2	150.8	8.84	3.016
3	149.76	9.36	2.912
4	156	9.88	3.12
5	154.96	8.84	3.016
Rata-rata	153.504	9.256	3.0368



3. Data Pengukuran pada Ketinggian 160 cm

A. Data Pengukuran Arah A

No	Arah A		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	2.808	0.208	0.104
2	2.704	0.208	0
3	2.6	0.156	0.104
4	2.704	0.156	0
5	2.808	0.208	0.208
Rata-rata	2.7248	0.1872	0.0832

B. Data Pengukuran Arah B

No	Arah B		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	0.208	0.312	0.416
2	0.26	0.312	0.416
3	0.208	0.364	0.468
4	0.312	0.312	0.4784
5	0.208	0.364	0.416
Rata-rata	0.2392	0.3328	0.43888

C. Data Pengukuran Arah C

No	Arah C		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	2.6	1.768	0.104
2	2.6	1.8572	0.208
3	2.704	1.768	0.104
4	2.496	1.976	0.156
5	2.704	1.664	0.104
Rata-rata	2.6208	1.8096	0.1352

D. Data Pengukuran Arah D

No	Arah D		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	0	0.312	0.312



2	0	0.26	0.364
3	0	0.2704	0.468
4	0	0.2704	0.416
5	0	0.26	0.312
Rata-rata	0	0.27456	0.3744

E. Data Pengukuran Arah E

No	Arah E		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	0	0.312	0.312
2	0	0.312	0.312
3	0	0.104	0.416
4	0	0.208	0.364
5	0	0.312	0.416
Rata-rata	0	0.2496	0.364

4. Data Pengukuran pada Ketinggian 170 cm

A. Data Pengukuran Arah A

No	Arah A		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	3.432	0.312	0.208
2	3.432	0.364	0.208
3	3.536	0.416	0.26
4	3.64	0.416	0.312
5	3.64	0.364	0.312
Rata-rata	3.536	0.3744	0.26

B. Data Pengukuran Arah B

No	Titik B		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	0.312	0.468	0.52
2	0.364	0.416	0.52
3	0.364	0.468	0.572
4	0.312	0.416	0.572
5	0.26	0.52	0.52
Rata-rata	0.3224	0.4576	0.5408



C. Data Pengukuran Arah C

No	Titik C		
	Jarak 40 cm	Jarak 40 cm	Jarak 40 cm
1	3.224	0.312	0.26
2	3.12	0.3016	0.312
3	3.328	0.3328	0.312
4	3.12	0.364	0.364
5	3.432	0.364	0.26
Rata-rata	3.2448	0.33488	0.3016

D. Data Pengukuran Arah D

No	Jarak D		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	0	0.2288	0.312
2	0	0.2392	0.2808
3	0	0.208	0.26
4	0	0.208	0.3016
5	0	0.2184	0.312
Rata-rata	0	0.22048	0.29328

E. Data Pengukuran Arah E

No	Jarak E		
	Jarak 40 cm	Jarak 80 cm	Jarak 120 cm
1	0	0.208	0.312
2	0	0.26	0.364
3	0	0.312	0.364
4	0	0.2808	0.416
5	0	0.26	0.416
Rata-rata	0	0.26416	0.3744



Lampiran 4

Hasil perhitungan nilai V

NO	LETAK	X	Y	Z	V
1	A	0	40	68	183.04
2	A	0	80	68	18.096
3	A	0	120	68	0.7072
4	B	40	0	68	119.6
5	B	80	0	68	11.856
6	B	120	0	68	0.676
7	C	0	40	68	125.84
8	C	0	80	68	12.376
9	C	0	120	68	0.6968
10	D	55.7853	55.7853	68	218.4
11	D	74.2428	74.2428	68	7.815
12	D	97.52948	97.52948	68	4.0144
13	E	55.7853	-55.7853	68	203.84
14	E	74.2428	-74.2428	68	6.76
15	E	97.52948	-97.5295	68	3.328
16	A	0	40	78	153.392
17	A	0	80	78	15.392
18	A	0	120	78	1.7888
19	B	40	0	78	114.4
20	B	80	0	78	13.3536
21	B	120	0	78	1.248
22	C	0	40	78	147.264
23	C	0	80	78	13.104
24	C	0	120	78	1.456
25	D	61.9838	61.9838	78	144.56
26	D	79.0063	79.0063	78	8.025
27	D	101.2028	101.2028	78	2.288
28	E	61.9838	-61.9838	78	153.504
29	E	79.0063	-79.0063	78	9.256
30	E	101.2028	-101.203	78	3.0368
31	A	0	40	160	2.7248
32	A	0	80	160	0.1872
33	A	0	120	160	0.0832
34	B	40	0	160	0.2392
35	B	80	0	160	0.3328



36	B	120	0	160	0.4389
37	C	0	40	160	2.6208
38	C	0	80	160	1.8096
39	C	0	120	160	0.1352
40	D	116.619	116.619	160	0
41	D	126.4911	126.4911	160	0.2746
42	D	141.4214	141.4214	160	0.3744
43	E	116.619	-116.619	160	0
44	E	126.4911	-126.491	160	0.2496
45	E	141.4214	-141.422	160	0.364
46	A	0	40	170	3.536
47	A	0	80	170	0.3744
48	A	0	120	170	0.26
49	B	40	0	170	0.3224
50	B	80	0	170	0.4576
51	B	120	0	170	0.5408
52	C	0	40	170	3.2448
53	C	0	80	170	0.3348
54	C	0	120	170	0.3016
55	D	123.4909	123.4909	170	0
56	D	132.8533	132.8533	170	0.2204
57	D	147.1394	147.1394	170	0.29328
58	E	123.4909	-123.491	170	0
59	E	132.8533	-132.853	170	0.26416
60	E	147.1394	-147.139	170	0.3744



Lampiran 5

Hasil perhitungan interpolasi

1. Pada Titik 68 cm

MENCARI NILAI 0										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	B	c	d
1	-120	0.6968	40		1	0	0	-0.403	0	0.0004
2	-80	12.376	40	7.634	160	0.25	0.048	1.682	0.052	-0.0006
3	-40	125.84	80	-6.365	230	0.348	-0.044	3.699	-0.018	-0.0002
4	40	183.04	40	-14.516	212.174	0.189	-0.060	-3.256	-0.077	0.0014
5	80	18.096	40	11.067	152.459	0.262	0.088	-2.791	0.088	-0.0007
6	120	0.7072	-120	1.3219	1		0		0	

x	Sj
	702.704
	183.043
0	229.885
	102.465
	1183.724



MENCARI HASIL PADA BARIS D										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	B	c	d
1	0	229.885	40		1	0	0	1.385	0	-0.0010
2	40	218.4	40	-14.933	160	0.25	-0.093	-3.631	-0.125	0.0021
3	80	7.815	40	15.509	150	0.267	0.128	-3.516	0.128	-0.0011
4	120	4.0144	-120	0.385	1		0		0	

x	sj	
	229.885	
56.566	133.430	
113.137	-6.726	4.666

MENCARI HASIL PADA BARIS E										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	D
1	0	229.885	40		1	0	0	-0.306	0	-0.0002
2	40	203.84	40	-14.933	160	0.25	0	-5.616	-0.026	0.0010
3	80	6.76	40	15.509	150	0.267	0.103	-2.843	0.103	-0.0008
4	120	3.328	-120	0.385	1		0		0	

x	sj	
---	----	--



	229.885	
56.566	108.589	
113.137	-5.266	3.917

MENCARI HASIL PADA TITIK 40

NO	x	a	h	alpha	l	Mu	z	b	c	D
1	-80	3.916	80		1	0	0	0.147	0	-7.3877E-06
2	0	11.856	80	-0.568	320	0.25	-0.002	0.005	-0.002	7.3877E-06
3	80	4.666	40	0.169	220		0		0	

x	sj
-40	9.304
40	9.680

MENCARI HASIL PADA TITIK 80

NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	D
1	0	0.697	113		1	0	0	0.152	0	-5.9534E-06
2	113	9.304	56.6	-0.686	339.411	0.167	-0.002	-0.076	-0.002	1.1913E-05
3	170	0.676	-170	0.469	-235.702		0		0	

x	sj
56.5685	8.2333
4	-25.166



	0.676
--	-------

MENCARI HASIL PADA TITIK 80										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	D
1	0	0.707	113		1	0	0	0.159	0	-6.209E-06
2	113	9.679	56.6	-0.715	339.411	0.167	-0.002	-0.080	-0.002	1.2419E-05
3	170	0.676	-170	0.489	-235.702		0		0	

x	sj
56.56 9	8.565
	-26.271
	0.676

2. Pada jarak 78 cm

MENCARI NILAI 0										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	-120	1.456	40		1	0	0	-0.624	0	0.0005
2	-80	13.104	40	9.189	160	0.25	0.057	2.121	0.067	-0.0009
3	-40	147.264	80	-9.832	230	0.348	-0.063	3.839	-0.045	-2.768E-05



4	40	153.392	40	-10.580	212.174	0.189	-0.038	-3.027	-0.051	0.0010
5	80	15.392	40	9.330	152.459	0.262	0.071	-2.238	0.071	-0.0006
6	120	1.789	-120	1.065	1		0		0	

x	Sj
	914.913
	137.983
0	227.354
	126.729
	953.6422

MENCARI HASIL PADA BARIS D										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	227.354	40		1	0	0	-1.494	0	-0.0004
2	40	144.56	40	-4.031	160	0.25	-0.025	-3.222	-0.043	0.0010
3	80	8.025	40	9.810	150	0.267	0.072	-2.067	0.072	-0.0006
4	120	2.288	-120	0.487	1		0		0	

x	sj	
	227.354	
56.566	83.677	



113.137	-3.1325	3.272

MENCARI HASIL PADA BARIS E										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	227.354	40		1	0	0	-1.147	0	-0.0004
2	40	153.504	40	-5.280	160	0.25	-0.033	-3.245	-0.052	0.0011
3	80	9.256	40	10.352	150	0.267	0.078	-2.231	0.078	-0.0006
4	120	3.0368	-120	0.542	1		0		0	
x		sj								
		227.354								
56.569		90.278								
113.137		-2.870		4.109						

MENCARI HASIL PADA TITIK 40										
NO	x	a	h	Alpha	l	mu	z	b	c	d
1	-80	4.103	80		1	0	0	0.176	0	-9.439E-06
2	0	13.354	80	-0.725	320	0.25	-0.002	-0.005	-0.003	9.439E-06
3	80	3.272	-80	0.501	1		0		0	

x	sj
-40	10.541
40	10.125
	3.272



MENCARI HASIL PADA TITIK 80										
NO	x	a	H	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	1.456	113.137		1	0	0	0.162	0	-6.369E-06
2	113.137	10.54 1	56.569	-0.734	339.411	0.167	-0.002	-0.083	- 0.002	1.274E-05
3	169.706	1.248	-169.706	0.515	-235.702		0		0	

x	sj	
40	7.521459	
	-26.215	1.248

MENCARI HASIL PADA TITIK 80										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	1.789	113.137		1	0	0	0.151	0	-6.005E-06
2	113.137	10.125	56.569	-0.692	339.411	0.167	-0.002	-0.080	-0.002	1.201E-05
3	169.706	1.248	-169.706	0.493	-235.702		0		0	

x	sj	
40	7.427	
	-24.301	1.248

3. Pada jarak 160 cm



MENCARI NILAI 0										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	-120	0.135	40		1	0	0	0.048	0	-3.994E-06
2	-80	1.810	40	-0.065	160	0.25	-0.0004	0.029	-0.0005	6.481E-06
3	-40	2.621	80	-0.057	230	0.348	-0.0001	0.016	0.0003	-6.099E-06
4	40	2.725	40	-0.194	212.174	0.189	-0.0009	-0.051	-0.0012	2.164E-05
5	80	0.187	40	0.183	152.459	0.262	0.0014	-0.041	0.0014	-1.1934E-05
6	120	0.083	-120	0.010	1		0		0	
x	Sj									
	-0.976									
	4.387									
0	3.366									
	1.534									
	18.726									

MENCARI HASIL PADA BARIS D										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	3.366	80		1	0	0	-0.052	0	2.14271E-06
3	80	0.275	40	0.123	240	0.167	0.0005	-0.011	0.0005	-4.28542E-06
4	120	0.3744	-120	0.002	1		0		0	

x	sj
---	----



56.569	0.792
113.13 7	0.312

MENCARI HASIL PADA BARIS E										
NO	x	a	h	alpha	l	Mu	z	b	c	d
1	0	3.366	80		1	0	0	-0.053	0	2.178E-06
3	80	0.250	40	0.125	240	0.167	0.0005	-0.011	0.0005	-4.35599E-06
4	120	0.364	-120	0.0005	1		0		0	
x		sj								
56.569		0.768								
113.13 7		0.536								

MENCARI HASIL PADA TITIK 40										
NO	x	a	h	alpha	l	Mu	z	b	c	d
1	-80	0.536	80		1	0	0	-0.003	0	8.867E-08
2	0	0.333	80	0.007	320	0.25	2.128E-05	-0.001	2.128E-05	-8.867E-08
3	80	0.312	-80	0.012	1		0		0	

x	sj
-40	0.417
40	0.305



MENCARI HASIL PADA TITIK 80										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	0.135	113.137		1	0	0	0.003	0	-5.485E-08
2	113.137	0.417	56.569	-0.006	339.41	0.167	-1.86E-05	0.001	-1.86E-05	1.097E-07
3	169.706	0.439	-169.706	0.007	-235.70		0		0	

x	Sj
40	0.259
	-0.103

MENCARI HASIL PADA TITIK 80										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	0.083	113.137		1	0	0	0.002	0	1.051E-08
2	113.137	0.305	56.569	0.0012	339.411	0.167	3.570E-06	0.002	3.570E-06	-2.104E-08
3	169.706	0.439	-169.706	0.0006	-235.702		0		0	

x	sj
40	0.156
	0.1289



4. Pada jarak 178 cm

MENCARI NILAI 0										
NO	x	a	h	alpha	l	Mu	z	b	c	d
1	-120	0.302	40		1	0	0	-0.020	0	1.31953E-05
2	-80	0.335	40	0.216	160	0.25	0.0013	0.043	0.0016	-2.10267E-05
3	-40	3.245	80	-0.207	230	0.348	-0.0014	0.087	-0.0009	-1.244E-06
4	40	3.536	40	-0.248	212.174	0.186	-0.0009	-0.069	-0.0012	2.48023E-05
5	80	0.374	40	0.228	152.459	0.262	0.0017	-0.049	0.0017	-1.4483E-05
6	120	0.26	-120	0.015	1		0		0	

x	Sj
	20.669
	3.148
0	5.133
	2.735
	22.849

MENCARI HASIL PADA BARIS D										
NO	x	A	h	alpha	l	Mu	z	b	c	d
1	0	5.133	80		1	0	0	-0.082	0	3.29311E-06
2	80	0.220	40	0.190	240	0.167	0.0008	-0.019	0.0008	-6.58623E-06



3	120	0.293	-120	0.002	1		0		0	
---	-----	-------	------	-------	---	--	---	--	---	--

x	sj
56.569	1.063
113.13 7	0.211

MENCARI HASIL PADA BARIS E										
NO	x	a	h	alpha	l	Mu	z	b	c	d
1	0	5.133	80		1	0	0	-0.082	0	3.31327E-06
2	80	0.264	40	0.191	240	0.167	0.0008	-0.018	0.0008	-6.62654E-06
3	120	0.374	-120	0.001	1		0		0	

x	sj
56.569	1.090
113.13 7	0.285

MENCARI HASIL PADA TITIK 40										
NO	x	a	h	alpha	l	Mu	z	b	c	d
1	-80	0.285	80		1	0	0	0.0035	0	-2.05E-07
2	0	0.458	80	-0.016	320	0.25	-4.921E-05	-0.0005	-4.921E-05	2.05E-07
3	80	0.211	-80	0.018	1		0		0	



x	Sj
-40	0.4105
40	0.3734

MENCARI HASIL PADA TITIK 80										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	0.26	113.137		1	0	0	0.0004	0	5.096E-08
2	113.137	0.373	56.569	0.0059	339.411	0.167	1.73E-05	0.0023	1.73E-05	-1.019E-07
3	169.706	0.541	-169.706	0.0007	-235.702		0		0	

x	Sj
40	0.2772
	0.4814

MENCARI HASIL PADA TITIK 80										
NO	x	a	h	alpha	l	mu	z	b	c	d
1	0	0.302	113.137		1	0	0	0.0005	0	3.4918E-08
2	113.137	0.411	56.566	0.004	339.411	0.167	1.185E-05	0.0019	1.185E-05	-6.9836E-08
3	169.706	0.541	-169.706	0.003	-235.702		0		0	

x	sj
---	----

40	0.324459
	0.4533



Lampiran 6

Coding 3D Spline Interpolation

```
n = 5;
x = [0,40,80,120];
y = [-120,-80,-40,0,40,80,120];
z = [-170,-160,-78,-68];
y1=y(1:4);
[X,Y,Z] = ndgrid(x,y,z);
V=zeros(4,7,4);
V(:,:,4) = [
0.6968,12.376,125.84,229.885,183.04,18.096,0.7072;
0,8.233,108.589,119.6,133.429,8.565,0;
0,3.916,9.304,11.856,9.679,4.666,0;
0,0,0,0.676,0,0,0];
V(:,:,3) = [
1.456,13.104,147.264,227.354,153.392,15.392,1.7888;
0,7.521,90.277,114.4,83.676,7.426,0;
0,4.103,10.541,13.3536,10.125,3.272,0;
0,0,0,1.248,0,0,0];
V(:,:,2) = [0.1352,1.8096,2.6208,3.366,2.7248,0.1872,0.0832;
0,0.2594,0.7681,0.2392,0.7922,0.1569,0;
0,0.53356,0.4171,0.3328,0.3051,0.3116,0;
0,0,0,0.4389,0,0,0];
V(:,:,1) = [0.3016,0.3348,3.2448,5.1328,3.536,0.37744,0.26;
0,0.3244,1.0904,0.3224,1.063,0.2272,0;
0,0.2848,0.4105,0.4576,0.3734,0.2105,0;
```



```

0,0,0,0.5408,0,0,0];
V1= V(:,1:4,:);
tl = splin3d(x,y,z,V,[3 3 3]);
// compute (and display) the 3d spline interpolant on some
slices
m = 41;
direction = ["z=" "z=" "z=" "x=" "y="];
val = [-165 -119 -73 30 0];
ebox = [0 120 -120 120 -170 -68];
XF=[]; YF=[]; ZF=[]; VF=[];
for i = 1:length(val)
    [Xm,Xp,Ym,Yp,Zm,Zp] = slice_parallelepiped(direction(i),
val(i), ebox, m, m, m);
    Vm = interp3d(Xm,Ym,Zm, tl);
    [xf,yf,zf,vf] = nf3dq(Xm,Ym,Zm,Vm,1);
    XF = [XF xf]; YF = [YF yf]; ZF = [ZF zf]; VF = [VF vf];
    Vp = interp3d(Xp,Yp,Zp, tl);
    [xf,yf,zf,vf] = nf3dq(Xp,Yp,Zp,Vp,1);
    XF = [XF xf]; YF = [YF yf]; ZF = [ZF zf]; VF = [VF vf];
end
nb_col = 128;
vmin = min(VF); vmax = max(VF);
color_example = dsearch(VF, linspace(vmin,vmax,nb_col+1));
xset("colormap",jetcolormap(nb_col));
clf(); xset("hidden3d",xget("background"));
colorbar(vmin,vmax)

```



```
plot3d(XF, YF, list(ZF,color_example), flag=[-1 6 4])  
xtitle("3d spline interpolation of general x-ray radiation in  
room radiology RS Roemani Muhammadiyah Semarang")  
show_window()
```



Lampiran 7

Surat Penunjukan Pembimbing



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Hanka kampus II Ngaliyan Semarang Telp. 024-76433366 Semarang 50185

Semarang, 11 Maret 2020

Nomor : B968/Un.10.8/J.2/PP.009/03/2020

Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Kepada Yth. :

1. Edi Daenuri Anwar, M. Si
2. M. Ardi Khalif, M.Sc
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di jurusan Pendidikan Fisika, maka Fakultas Sains dan Teknologi menyetujui judul skripsi mahasiswa:

Nama : Ida Septiyanti

NIM : 1508026021

Judul : **ANALISIS DOSIS PAPARAN RADIASI PADA GENERAL X-RAY II DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT ROEMANI MUHAMMADIYAH SEMARANG**

Dan menunjuk Saudara :

1. Edi Daenuri Anwar, M. Si. sebagai pembimbing I
2. M. Ardi Khalif, M.Sc. sebagai pembimbing II

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan dan atas kerja sama yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

A.n Dekan
Ketua Jurusan Fisika

Agus Sudarmanto, M.Sc
NIP 197708232009121001

Tembusan:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo sebagai laporan
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 8

Surat Pengantar Penelitian





KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185

Nomor : B. 3371/Un.10.8/D1/TL.00/09/2019 Semarang, 3 September 2019
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth. :
Direktur Umum
Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang
Jl. Wonodri No. 22 Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Ida Septiyanti
NIM : 1508026021
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Fisika
Judul Skripsi : "Analisis Dosis Paparan Radiasi pada General X-Ray di Instalasi Radiologi"

Pembimbing : 1. Edi Daenuri Anwar, M.Si.
2. Muhammad Ardhi Khalif, S.Si., M.Sc.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di ijinakan melaksanakan Riset pada tanggal 9-23 September 2019 .

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik
dan Ketembagaan

Dr. Saminanto, M.Sc.
NIP. 197206042003121002

Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 9



Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian



Rumah Sakit
Keluarga Islami

RUMAH SAKIT ROEMANI MUHAMMADIYAH DIKLAT

Jl. Wonodri No. 22 Semarang 50242

Telp. 024-8444623 / Ex. 2031

diklat.rsroemani@gmail.com

SURAT KETERANGAN

No: 006/Diklat/RSR/111/2020

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mugi Saptono, S.E.
Jabatan : KaSubag Diklat
Perusahaan : RS Roemani Muhammadiyah
Alamat Perusahaan : Jl. Wonodri No. 22 Semarang

Dengan ini kami menerangkan bahwa :

Nama : Ida Septiyanti
NIM : 1508026021
Asal Perg. Tinggi : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
Fakultas/Jurusan : Fisika

Telah menyelesaikan penelitian di Instalasi Radiologi RS. Roemani Muhammadiyah untuk memperoleh data guna penyusunan Tugas Akhir Skripsi dengan judul "*Analisis Dosis Paparan Radiasi pada General X-Ray di Instalasi Radiologi*"

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Billahit taufiq wal hidayah
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

ROEMANI
Semarang, 12 Maret 2020
Diklat
Mugi Saptono, SE
KaSubag Diklat

CC. Arsip

Lampiran 10
Dokumentasi









RIWAYAT HIDUP



Edit dengan WPS Office

A. Identitas diri

1. Nama : Ida Septiyanti
 2. TTL : Demak, 16 September 1996
 3. Alamat : Jl. Bungo-Mutih RT 03/RW 07
Rumah Bungo, Kec. Wedung Kab.
Demak
- Hp : 085713153507
- E-mail : idaseptiyanti082@gmail.com

B. Riwayat pendidikan

1. Pendidikan Formal :
 - a. TK Raudlotut Tholibin Tahun 2000-2002
 - b. SDN Bungo 3 Tahun 2002-2008
 - c. MTs Raudlotut Tholibin Tahun 2008-2011
 - d. SMAS Islam Raudhotut Tholibin Tahun 2011-2014

Semarang, 20 Maret 2020

Ida Septiyanti

1508026021





Edit dengan WPS Office