



**ANALISIS DOSIS EFEKTIF RADIASI PADA PEMERIKSAAN  
THORAX PASIEN *TUBERCULOSIS* PARU DI INSTALASI  
RUMAH SAKIT PARU JEMBER**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Ika Juniarti  
NIM 101810201010**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**ANALISIS DOSIS EFEKTIF RADIASI PADA PEMERIKSAAN  
THORAX PASIEN *TUBERCULOSIS* PARU DI INSTALASI  
RUMAH SAKIT PARU JEMBER**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Ika Juniarti  
NIM 101810201010**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. kedua orang tua tercinta Usman dan Sunarmi, terima kasih atas do'a dan pengorbanan yang telah diberikan, semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya;
2. adik tersayang Vina Firdausyah dan Lutfia Fitri Rohima, terima kasih atas perhatian dan dukungannya;
3. Riawan Hadi P tercinta, atas do'a dan kasih sayang yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini;
4. sahabat-sahabat tercinta di Laboratorium Biofisika Putri, Ony, Riva, dan Wiwis terima kasih atas semangat dalam menyelesaikan skripsi;
5. guru dan dosen, terima kasih telah memberikan ilmu, dukungan dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
6. saudari-saudaraku tersayang Vita, Riza, Hilda, Rifan dan Jehan, terima kasih telah memberikan warna-warni dalam setiap detik lembaran hidup ini.
7. almamater yang kubanggakan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

## MOTTO

“ Dia menciptakan manusia dari tanah kering seperti tembikar, dan dia menciptakan jin dari nyala api. Maka nikmat Tuhan kamu manakah yang kamu dustakan? “

(terjemahan surat Ar-Rahman ayat 14-16)\*)

“ Persahabatan sejati seperti suatu tumbuh-tumbuhan yang tumbuh dengan perlahan-lahan dan harus mengalami serta mengatasi kemalangan dan kesusahan dalam

hidupnya “ \*\*)

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan terjemahannya*. Semarang. PT. Kumudasmoro Grafindo.

\*\*) [http:// hpgua.com/2015/04/kata-kata-bijak.html](http://hpgua.com/2015/04/kata-kata-bijak.html).9-Januari-2015

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ika Juniarti

NIM : 101810201010

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ *Analisis Dosis Efektif Radiasi pada Pemeriksaan Thorax Pasien Tuberculosis Paru di Instalasi Rumah Sakit Paru Jember*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, November 2015

Yang menyatakan,

Ika Juniarti

NIM 101810201010

**SKRIPSI**

**ANALISIS DOSIS EFEKTIF RADIASI PADA PEMERIKSAAN  
THORAX PASIEN *TUBERCULOSIS* PARU DI INSTALASI  
RUMAH SAKIT PARU JEMBER**

Oleh

Ika Juniarti

NIM 101810201010

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc.,Ph.D  
Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Yuariatun Nurhayati  
Dosen Pembimbing Lapangan : Dr. Aniek Rachmawati Sp. Rad

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “ *Analisis Dosis Efektif Radiasi pada Pemeriksaan Thorax Pasien Tuberculosis Paru di Instalasi Rumah Sakit Paru Jember* ” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal :

Tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D  
NIP 19620311 198702 1 001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati  
NIP 19610909 198601 2 001

Pembimbing Lapangan

Dr. Aniek Rachmawati Sp. Rad  
NIP 19740709 199703 1 007

Anggota I,

Anggota II

Ir. Misto M.Si  
NIP 19591121 199103 1 002

Puguh Hiskiawan S.Si., M.Si  
NIP 19741215 200212 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs Kusno, DEA, PhD.  
NIP. 196110108 1986021 00 1



## RINGKASAN

**Analisis Dosis Efektif Radiasi Pada Pemeriksaan Thorax Pasien *Tuberculosis* Paru Di Instalasi Rumah Sakit Paru Jember ; Ika Juniarti; 101810201010; 2015; 44 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.**

Radiasi merupakan salah satu cara perambatan energi dari suatu sumber energi ke lingkungannya tanpa membutuhkan medium. Radiasi sinar-X termasuk gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang pendek. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisa dosis efektif radiasi sinar-X yang diterima pasien *tuberculosis* paru di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Paru Jember. Dalam penelitian ini terdiri dari pasien pria dan wanita berdasarkan usia (muda, paruh baya, tua) dengan kondisi tubuh (kurus, sedang, gemuk). Masing-masing kategori di ambil 10 data yang kemudian diolah dan dianalisis dengan menggunakan microsoft excel. Dari hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan Nilai Batas Dosis (NBD) yang direkomendasikan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Peraturan kepala bapeten no.8 tahun 2011 mengenai proteksi radiasi, nilai batas dosis untuk masyarakat adalah 1 mSv per tahun.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, nilai dosis efektif radiasi sinar-X yang dihasilkan pada pasien pria dan wanita, untuk setiap kategori usia dengan kondisi tubuh yang berbeda diperoleh jumlah dosis efektif yang beragam. Kategori pertama yaitu pria muda dengan kondisi tubuh (kurus, sedang, gemuk) masing-masing jumlah dosis efektif yang diterima tiga kali foto thorax dalam enam bulan yaitu sebesar 0.0821 mSv, 0.0722 mSv dan 0.1217 mSv. Pria Paruh baya masing-masing 0.0821 mSv, 0.0722 mSv dan 0.1217 mSv. Sedangkan pria tua masing-masing 0.0803 mSv, 0.1113 mSv dan 0.1011 mSv.



Kategori kedua yaitu pasien wanita muda dengan kondisi tubuh (kurus, sedang, gemuk) masing-masing jumlah dosis efektif yang diterima tubuh dalam enam bulan sebesar 0.1113 mSv, 0.1097 mSv dan 0.0611 mSv. Wanita paruh baya masing-masing sebesar 0.1200 mSv, 0.0679 mSv dan 0.0910 mSv. Sedangkan wanita tua masing-masing sebesar 0.0879 mSv, 0.0734 mSv, dan 0.0511 mSv.

Pria muda kurus dengan sedang terlihat mempunyai selisih nilai rata-rata jumlah dosis efektif yang sangat kecil jika dibandingkan dengan kondisi gemuk. Berdasarkan hasil uji statistik *oneway* ANOVA, untuk pasien pria muda kondisi tubuh kurus dengan sedang menghasilkan  $F_{hitung} < F_{tabel}$  (4.41) atau  $P$  (sig)  $> 0.0500$  menyatakan bahwa  $H_0$  diterima artinya tidak terdapat perbedaan rata-rata dosis efektif yang signifikan, namun pada kondisi kurus dengan gemuk dan sedang dengan gemuk menunjukkan terdapat perbedaan nilai rata-rata dosis efektif. Hasil uji statistik pasien pria paruh baya sama dengan hasil uji statistik yang dihasilkan pasien pria muda. Pasien pria tua kondisi tubuh kurus dengan sedang, kondisi kurus dengan gemuk dan kondisi sedang dengan gemuk menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  (4.41) atau  $P$  (sig)  $< 0.0500$  berarti  $H_0$  ditolak artinya terdapat perbedaan rata-rata nilai dosis efektif dari penggolongan kondisi tubuh pasien.

Hal ini dikarenakan daya serap tubuh terhadap sinar-X sangat bergantung pada kandungan unsur-unsur yang ada didalam organ (Suyatno, 2008). Apabila pemberian nilai tegangan (kV), arus (mA) dan waktu (s) pada pasien tidak sesuai dengan kondisi tubuh kurus, sedang, gemuk dalam arti pasien kurus diberikan dosis yang lebih besar maka hasil foto thorax akan terlalu terang atau terlalu gelap yang akan merugikan pasien karena pasien diharuskan untuk melakukan foto thorax lebih dari sekali sehingga akan mendapatkan paparan radiasi yang berlebihan. Dapat disimpulkan bahwa faktor usia tidak berpengaruh pada saat pemberian dosis. Secara umum, nilai dosis efektif yang diterima oleh pasien pria maupun wanita di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Paru Jember masih dibawah nilai batas dosis yang direkomendasikan oleh bapeten.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufiq serta hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " *Analisis Dosis Efektif Radiasi pada Pemeriksaan Thorax Pasien Tuberculosis Paru di Instalasi Rumah Sakit Paru Jember* ", sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata satu (S1) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Drs.Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan dan saran dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Aniek Rachmawati Sp. Rad selaku dosen pembimbing lapang yang telah membantu selama proses penelitian serta Rumah Sakit Paru Jember yang telah memberikan fasilitas selama proses penelitian;
3. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji I, Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini;
4. Nurul Priyantari S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
5. teman-teman seperjuangan angkatan 2010 dan teman-teman tim biofisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember;

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, November 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMBUNG</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Tujuan</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat</b> .....	4
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Sinar-X</b> .....	6
<b>2.2 Pesawat Sinar-X</b> .....	7
2.2.1 Sistem Kontrol Pesawat Sinar-X .....	7
<b>2.3 Tabung Sinar-X</b> .....	9

2.3.1 Sifat-Sifat Sinar-X .....	10
<b>2.4 Tuberculosis</b> .....	11
2.4.1 Pengertian <i>Tuberculosis Paru</i> (TB) .....	11
2.4.2 Program <i>Tuberculosis Paru</i> .....	11
<b>2.5 Proteksi Radiasi Sinar-X</b> .....	12
2.5.1 Keselamatan Radiasi .....	12
2.5.2 Ketentuan Umum Proteksi Radiasi .....	13
<b>2.6 Dosimetri</b> .....	16
2.6.1 Besaran dan Satuan Dosis Radiasi .....	16
2.6.2 Nilai Batas Dosis .....	19
2.6.3 Efek Biologis Radiasi Terhadap Tubuh .....	20
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	24
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	24
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	24
<b>3.3 Tahapan Penelitian</b> .....	25
3.3.1 Observasi Lapangan .....	26
3.3.2 Pengambilan Data .....	26
3.3.3 Pengolahan dan Analisis Data .....	26
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	29
<b>4.1 Hasil dan Analisis Data Penelitian</b> .....	29
4.1.1 Hasil Pengukuran Dosis Efektif pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Pria Muda .....	29
4.1.2 Hasil Pengukuran Dosis Efektif pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Paruh Baya .....	31
4.1.3 Hasil Pengukuran Dosis Efektif pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Pria Tua .....	32
4.1.4 Hasil Pengukuran Dosis Efektif pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Wanita Muda .....	34
4.1.5 Hasil Pengukuran Dosis Efektif pada Pasien <i>Tuberculosis</i>	

Paru Wanita Paruh Baya .....	36
4.1.6 Hasil Pengukuran Dosis Efektif pada Pasien <i>Tuberculosis</i>	
Paru Wanita Tua .....	38
<b>4.2 Pembahasan</b> .....	40
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	44
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	44
<b>5.2 Saran</b> .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	45
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	48
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	
<b>A. Perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) pada Pasien Pria</b> .....	51
<b>B. Perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) pada Pasien Wanita</b> .....	52
<b>C. Perhitungan Dosis Efektif pada Pasien Pria</b> .....	54
<b>D. Perhitungan Dosis Efektif pada Pasien Wanita</b> .....	58
<b>E. Jumlah Dosis Efektif dan Standart Error pada Pasien Pria</b> <b>dan Wanita 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan</b> .....	63
<b>F. Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b> <b>Paru Pria</b> .....	64
<b>G. Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b> <b>Paru Wanita</b> .....	68
<b>H. <math>F_{\text{tabel}}</math> uji statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk probabilitas 0.05</b> .....	73



**DAFTAR TABEL**

2.1 Faktor Bobot Radiasi Untuk Beberapa Jenis dan Energi Radiasi .....	18
2.2 Faktor Bobot Jaringan Bagian Organ Tubuh .....	19
2.3 Dampak Biologis Radiasi .....	23
4.1 Data Jumlah Nilai Dosis Efektif dan Standar Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Pria Muda 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan (n=10) .....	29
4.2 Hasil $F_{hitung}$ uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap penggolongan kondisi tubuh pada pasien pria muda.....	30
4.3 Data Jumlah Nilai Dosis Efektif dan Standar Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Pria Paruh Baya 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan (n=10) .....	31
4.4 Hasil $F_{hitung}$ uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap penggolongan kondisi tubuh pada pasien pria paruh baya.....	32
4.5 Data Jumlah Nilai Dosis Efektif dan Standar Error Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Pria Tua 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan (n=10) .....	32
4.6 Hasil $F_{hitung}$ uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap penggolongan kondisi tubuh pada pasien pria tua.....	33
4.7 Data Jumlah Nilai Dosis Efektif dan Standar Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Wanita Muda 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan (n=10) .....	34
4.8 Hasil $F_{hitung}$ uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap penggolongan kondisi tubuh pada pasien wanita muda .....	35
4.9 Data Jumlah Nilai Dosis Efektif dan Standar Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Wanita Paruh Baya 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan (n=10) .....	36
4.10 Hasil $F_{hitung}$ uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap penggolongan kondisi tubuh pada pasien wanita paruh baya .....	37
4.11 Data Jumlah Nilai Dosis Efektif dan Standar Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i>	

Paru Wanita Tua 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan (n=10) .....	38
4.12 Hasil $F_{hitung}$ uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada setiap penggolongan kondisi tubuh pada pasien wanita tua .....	39





**DAFTAR GAMBAR**

2.1 Tabung Pesawat Sinar-X .....	9
3.1 Panel Kontrol Pesawat Roentgen Model G100C RAD No. Seri CPD 13358L12 .....	24
3.2 Diagram Penelitian .....	25
4.1 Grafik dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru pria muda tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	30
4.2 Grafik dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru pria paruh baya tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	31
4.3 Grafik dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru pria tua tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	33
4.4 Grafik jumlah dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru pria untuk tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	34
4.5 Grafik dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru wanita muda tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	35
4.6 Grafik dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru wanita paruh baya tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	37
4.7 Grafik dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru wanita tua tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	38
4.8 Grafik jumlah dosis efektif pasien <i>tuberculosis</i> paru wanita untuk tiga kali foto thorax dalam 6 bulan .....	39

DAFTAR LAMPIRAN

<b>A. Perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) pada Pasien Pria</b> .....	51
<b>A.1 Pasien Pria Muda 17-35 Tahun</b> .....	51
A.1.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	51
A.1.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	51
A.1.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	51
<b>A.2 Pasien Pria Paruh Baya 36-50 Tahun</b> .....	51
A.2.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	51
A.2.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	51
A.2.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	51
<b>A.3 Pasien Pria Tua &gt; 50 Tahun</b> .....	52
A.3.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	52
A.3.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	52
A.3.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	52
<b>B. Perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) pada Pasien Wanita</b> .....	52
<b>B.1 Pasien Wanita Muda 17-35 Tahun</b> .....	52
B.1.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	52
B.1.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	52
B.1.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	52
<b>B.2 Pasien Wanita Paruh Baya 36- 50 Tahun</b> .....	53
B.2.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	53
B.2.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	53
B.2.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	53
<b>B.3 Pasien Wanita Tua &gt; 50 Tahun</b> .....	53
B.3.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	53
B.3.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	53

B.3.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	53
<b>C. Perhitungan Dosis Efektif pada Pasien Pria .....</b>	<b>54</b>
<b>C.1 Pasien Pria Muda 17-35 Tahun .....</b>	<b>54</b>
C.1.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	54
C.1.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	54
C.1.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	55
<b>C.2 Pasien Pria Paruh Baya 36-50 Tahun .....</b>	<b>55</b>
C.2.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	55
C.2.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	56
C.2.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	56
<b>C.3 Pasien Pria Tua &gt; 50 Tahun .....</b>	<b>57</b>
C.3.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	57
C.3.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	57
C.3.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	58
<b>D. Perhitungan Dosis Efektif pada Pasien Wanita .....</b>	<b>58</b>
<b>D.1 Pasien Wanita Muda 17-35 Tahun .....</b>	<b>58</b>
D.1.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	58
D.1.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	59
D.1.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	59
<b>D.2 Pasien Wanita Paruh Baya 36-50 Tahun .....</b>	<b>60</b>
D.2.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	60
D.2.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	60
D.2.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	61
<b>D.3 Pasien Wanita Tua &gt; 50 Tahun .....</b>	<b>61</b>
D.3.1 Kurus IMT (17.0-18.5) .....	61
D.3.2 Sedang IMT (18.6-25.0) .....	62
D.3.3 Gemuk IMT (25.1-27.0) .....	62
<b>E. Jumlah Dosis Efektif dan Standart Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru Pria dan Wanita 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan .....</b>	<b>63</b>

<b>E.1 Jumlah Dosis Efektif dan Standart Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Pria 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan</b> .....	63
<b>E.2 Jumlah Dosis Efektif dan Standart Error pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Wanita 3 kali foto thorax dalam 6 Bulan</b> .....	63
<b>F. Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru</b>	
<b>Pria</b> .....	64
<b>F.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Pria Muda</b> .....	64
F.1.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Muda kondisi kurus dengan gemuk.....	64
F.1.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Muda kondisi kurus dengan sedang .....	64
F.1.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Muda kondisi sedang dengan gemuk .....	65
<b>F.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Pria Paruh Baya</b> .....	65
F.2.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Paruh Baya kondisi kurus dengan gemuk .....	65
F.2.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Paruh Baya kondisi kurus dengan sedang .....	66
F.2.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Paruh Baya kondisi sedang dengan gemuk .....	66
<b>F.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Pria Tua</b> .....	67
F.3.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Tua kondisi kurus dengan gemuk.....	67
F.3.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Pria Tua kondisi kurus dengan sedang .....	67
F.3.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	

Pria Tua kondisi sedang dengan gemuk .....	68
<b>G. Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru</b>	
<b>Wanita</b> .....	68
<b>G.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Wanita Muda</b> .....	68
G.1.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Muda kondisi kurus dengan gemuk .....	68
G.1.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Muda kondisi kurus dengan sedang .....	69
G.1.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Muda kondisi sedang dengan gemuk .....	69
<b>G.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Wanita Paruh Baya</b> .....	70
G.2.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Paruh Baya kondisi kurus dengan gemuk .....	70
G.2.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Paruh Baya kondisi kurus dengan sedang .....	70
G.2.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Paruh Baya kondisi sedang dengan gemuk .....	71
<b>G.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i></b>	
<b>Paru Wanita Tua</b> .....	71
G.3.1 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Tua kondisi kurus dengan gemuk .....	71
G.3.2 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Tua kondisi kurus dengan sedang .....	72
G.3.3 Hasil Uji statistik <i>oneway</i> ANOVA pada Pasien <i>Tuberculosis</i> Paru	
Wanita Tua kondisi sedang dengan gemuk .....	72
<b>H. <math>F_{\text{tabel}}</math> uji statistik <i>oneway</i> ANOVA untuk probabilitas 0.05</b> .....	73



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejarah bahwa adanya teknologi nuklir ditengah-tengah peradaban manusia dalam kehidupan sekarang ini tidak dapat diabaikan lagi. Pemaparan dan efek radiasi tidak bersifat merugikan ataupun bersifat fatal terhadap manusia. Keadaan ini memacu dilakukannya berbagai macam penelitian tentang efek radiasi pada manusia baik dilihat dari aspek yang menguntungkan maupun dampak negatif yang merugikan. Saat ini dengan pesatnya perkembangan pengetahuan tentang efek dari radiasi serta terciptanya berbagai sarana peralatan pendeteksi radiasi yang sangat canggih maka pemanfaatan radiasi di berbagai bidang seperti fisika radiasi dan kedokteran menunjukkan bahwa semakin berkembangnya ilmu pengetahuan. Di samping itu, aspek keselamatan radiasi telah ditentukan sesuai dengan peraturan dan undang-undang ketenaganukliran. Dengan demikian kehidupan manusia akan tetap seimbang dan mendapatkan keuntungan dari teknologi canggih ini.

Jauh sebelumnya beberapa ilmuwan terkenal seperti W.C Roentgen pada tahun 1895 telah berhasil menemukan sinar roentgen atau lebih dikenal dengan sinar-X. sinar-X termasuk dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang berasal dari tabung sinar-X. Kegunaan sinar-X dalam bidang kedokteran untuk melihat struktur tulang dan gigi, melihat bercak-bercak paru-paru dan jaringan lain. Sementara itu penggunaan efek radiasi untuk tujuan penyembuhan atau terapi telah diawali oleh beberapa keberhasilan seperti pada tahun 1897, L. Freund telah berhasil menghilangkan semacam kelainan pada kulit seseorang dengan cara meradiasi. Tahun 1899, JT Steinbeck dan Sjogrein telah berhasil menyembuhkan tumor kulit pada hidung seorang pasien dengan cara meradiasi (Darussalam,1989).

Di samping banyak keberhasilan, timbul semacam efek merugikan yang terjadi akibat tidak tersedianya alat pendeteksi atau detektor radiasi yang memadai serta akibat kurangnya pengetahuan tentang dampak negatif dan keselamatan radiasi. J. Daniel melaporkan bahwa pada tahun 1896 telah terjadi gejala kerontokan rambut pada tulang tengkorak seorang pasien yang terkena paparan radiasi dan juga gejala kulit menjadi kemerah-merahan setelah menjalani terapi dengan sinar-X yang biasa disebut erythema (Darussalam, 1989). Semua gejala tersebut terjadi akibat kelalaian dan kurangnya pengetahuan tentang nilai batas dosis paparan radiasi yang seharusnya diberikan pada pasien dengan kasus penyakit tertentu.

*Tuberculosis* paru telah ditemukan oleh Robert Koch pada tahun 1882 dan hingga saat ini masih dalam masalah kesehatan utama di seluruh dunia. Pengobatan terhadap *tuberculosis* paru memerlukan waktu yang lama karena *Mycobacterium tuberculosis* sifatnya sangat kuat dan membutuhkan waktu enam bulan untuk memusnahkan semua bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Sebagian besar *tuberculosis* paru, diagnosis diutamakan dengan melakukan pemeriksaan foto thorax (Icksan, 2008).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Sari (2012) tentang analisis nilai ambang energi listrik sinar-X. Penelitian tersebut berdasarkan kategori yang berbeda pada pasien (jenis kelamin, usia dan kondisi fisik pasien seperti kurus, sedang dan gemuk) akan menghasilkan energi listrik yang beragam. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa untuk jenis kelamin pria maupun wanita dengan kondisi tubuh kurus, sedang dan gemuk diberikan faktor eksposi yang hampir sama. Dapat disimpulkan, pada saat pemberian dosis tidak memperhatikan kondisi tubuh pasien.

Widayati (2013) melakukan penelitian tentang analisis dosis serap radiasi pada pasien anak untuk setiap penggolongan usia dan kondisi fisik tubuh. Dalam pemberian dosis eksposi sinar-X tidak dibedakan antara dosis untuk pasien dewasa ataupun anak-anak. Artinya dosis yang diberikan pada pasien anak, hampir sama dengan dosis yang diberikan pada pasien dewasa. Selain itu, besarnya dosis serap



yang diterima oleh pasien anak masih dibawah Nilai Batas Dosis (NBD) yang direkomendasikan oleh bapeten.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Faqih (2011) bertujuan menentukan dosis efektif yang diterima oleh pasien thorax dewasa untuk mengetahui optimalisasi penentuan dosis efektif dengan memanfaatkan program matlab. Nilai dosis efektif yang diterima pasien masih dibawah nilai batas dosis yang direkomendasikan bapeten.

Secara global, Indonesia menduduki peringkat ketiga sebagai penyumbang kasus *tuberculosis* terbanyak di dunia. Berdasarkan data dari dinas kesehatan provinsi Jawa Timur secara nasional, Jawa Timur tercatat pada tahun 2007 terjadi 40.000 kasus *tuberculosis* paru. Bahkan Jember menduduki peringkat pertama jumlah kejadian *tuberculosis* paru di daerah keresidenan besuki dan sekitarnya sebanyak 70-80% (Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, 2010). Penderita *tuberculosis* paru diharuskan untuk menjalani pengobatan selama enam bulan sejak dinyatakan positif mengidap *tuberculosis* paru. Pengobatan *tuberculosis* paru terbagi menjadi dua fase yaitu fase intensif dua bulan dan fase lanjutan empat bulan. Pemeriksaan foto roentgen awal dilakukan setelah pasien diduga mengidap *tuberculosis* paru dan dilanjutkan fase intensif dan lanjutan. Umumnya, setelah melakukan pengobatan tersebut, pasien dinyatakan sembuh. Meskipun penderita *tuberculosis* paru telah dinyatakan sembuh, pasien masih tetap akan dievaluasi minimal dalam 2 tahun pertama setelah sembuh untuk mengetahui terjadinya kekambuhan (Sub Direktorat Tuberkulosis, 2013). Berdasarkan uraian tersebut, pasien *tuberculosis* paru melakukan foto thorax tiga kali atau lebih dalam masa penyembuhan. Foto thorax radiologi bermanfaat untuk melihat kondisi anatomi paru-paru yang mengindikasikan kelainan-kelainan pada paru-paru. Pemeriksaan paru-paru tanpa foto thorax dianggap kurang valid karena suatu penyakit paru belum dapat dipastikan sebelum dilakukan pemeriksaan radiologik.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di Rumah Sakit Paru Jember, untuk menentukan jumlah dosis yang diberikan pada pasien dilakukan dengan cepat

dalam arti petugas radiografi biasanya memperkirakan besarnya masukan pada pesawat sinar-X. Sedangkan banyak pasien *tuberculosis* paru yang melakukan foto thorax setiap harinya dan pasien tidak mengetahui seberapa besar dosis yang diterima oleh tubuh. Seperti yang dijelaskan pernyataan di atas, pemecahan masalah untuk menghitung jumlah dosis efektif yang diterima pasien *tuberculosis* paru khususnya pasien thorax PA. Dosis efektif yang diamati membutuhkan perhitungan tegangan, arus, waktu dan massa tubuh pasien sebagai faktor masukan pesawat sinar-X.

Paraturan kepala bapeten No. 8 Tahun 2011 tentang keselamatan radiasi dalam penggunaan pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional mengenai proteksi radiasi diupayakan agar pekerja radiasi di instalasi radiologi dan anggota masyarakat di sekitar instalasi radiologi menerima paparan radiasi serendah mungkin. Nilai batas dosis menurut bapeten untuk masyarakat adalah 1 mSv per tahun.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu berapakah jumlah dosis efektif radiasi foto thorax yang diterima oleh pasien *tuberculosis* paru di instalasi Radiologi Rumah Sakit Paru Jember?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisis jumlah dosis efektif foto thorax yang diterima oleh pasien *tuberculosis* paru pada saat melakukan pemeriksaan radiodiagnostik.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. memberikan informasi mengenai jumlah nilai dosis efektif pada pasien *tuberculosis* paru maupun masyarakat umum dan

2. memberikan pengetahuan mengenai dosis radiasi yang diberikan dalam waktu tertentu.

### **1.5 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, akan diberikan batasan-batasan untuk memudahkan dalam pemahaman dan pembahasannya adalah

1. Pemeriksaan dilakukan pada pasien thorax PA (Posterioro-Anterior) penderita *tuberculosis* paru dengan 3 kali foto thorax dalam enam bulan menggunakan pesawat rontgen model G100C RAD N0. Seri CPD 13358L12 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Paru Jember.
2. Pasien thorax PA dengan kategori pria dan wanita berdasarkan usia (muda, paruh baya, tua) dengan kondisi tubuh kurus, sedang dan gemuk.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sinar-X

Penemuan sinar-X merupakan suatu revolusi dalam dunia kedokteran karena dengan hasil penemuan ini dapat diperiksa bagian-bagian tubuh manusia. Salah satu hasil penemuan Rontgen adalah foto jari-jari tangan yang dibuat dengan menggunakan kertas potret yang diletakkan di bawah tangan dan disinari dengan sinar baru tersebut. Eksperimen Roentgen selanjutnya dapat menemukan semua sifat sinar roentgen yaitu sifat-sifat fisika dan kimianya, namun ada satu sifat yang tidak sampai diketahuinya yaitu sifat biologi yang dapat merusak sel-sel hidup (Alatas, 1998).

Sinar-X terbentuk melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat energi yang lebih rendah. Sinar-X yang terbentuk melalui proses ini mempunyai energi sama dengan selisih energi antara kedua tingkat energi elektron tersebut. Karena setiap jenis atom memiliki tingkat-tingkat energi elektron yang berbeda-beda, maka sinar-X yang terbentuk dari proses ini disebut sinar-X karakteristik yang mempunyai spektrum energi adalah diskrit (Cember, 1983). Di dalam dunia kedokteran sinar-X digunakan dibidang radioterapi dan kedokteran nuklir. Radioterapi merupakan salah satu metode tindakan medis yang menggunakan sumber radiasi tertutup dalam usaha untuk menangani tumor ganas, sedangkan pada bidang kedokteran nuklir, sinar-X digunakan untuk mengukur kerapatan tulang (*bone densitometry*) dengan teknik *photon absorptiometry* seperti *dual photon X-ray absorptiometry* (DXA).

## 2.2 Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-X atau pesawat rontgen adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-X. Sinar-X yang dipancarkan dari tabung diarahkan pada bagian tubuh yang didiagnosa. Berkas sinar-X tersebut akan menembus bagian tubuh dan akan ditangkap oleh film, sehingga akan terbentuk gambar dari bagian tubuh yang disinari. Sebelum pengoperasian pesawat sinar-X, perlu dilakukan pengaturan parameter untuk mendapatkan faktor eksposi yang dikehendaki. Parameter-parameter tersebut adalah tegangan tinggi (kV), arus tabung (mA) dan waktu paparan (s). Pesawat sinar-X terdiri dari sistem dan sub sistem sinar-X. Sistem sinar-X adalah seperangkat komponen untuk menghasilkan radiasi dengan cara terkendali. Sedangkan sub sistem berarti setiap kombinasi dari dua atau lebih komponen sistem sinar-X. Pesawat sinar-X diagnostik yang lengkap terdiri dari sekurang-kurangnya generator tegangan tinggi, panel kontrol, tabung sinar-X, alat pembatas berkas, dan peralatan penunjang lainnya.

### 2.2.1 Sistem Kontrol Pesawat Sinar-X

Sistem kontrol berfungsi mengatur dan mengendalikan operasi pesawat sinar-X dalam menghasilkan kuantitas dan kualitas sinar-X. Kuantitas dan kualitas sinar-X tergantung pada pengaturan parameter tegangan, arus dan waktu pencitraan. Kuantitas dan kualitas sinar-X tergantung dari elektron yang dihasilkan filamen dan energi sinar-X yang dihasilkan dari pengaturan tegangan tinggi. Sebelum pesawat sinar-X dioperasikan maka perlu di atur parameter-parameternya antara lain tegangan tabung melalui kV, arus tabung melalui mA kontrol dan waktu eksposi melalui waktu (Pearce, 2009).

Panel kontrol dilengkapi dengan alat yang menunjukkan parameter penyinaran dan kondisi yang meliputi tegangan tabung, arus tabung, waktu penyinaran, penyinaran integral dalam mili ampere detik (mAs), pemilihan teknik, persesuaian mekanisme *bucky*, dan indikator input listrik. Sistem pengatur (*Control Panel*) berguna untuk mengatur catu tegangan, arus dan waktu pencitraan, dimana



catu tegangan diatur dengan pengatur tegangan (kV), arus tabung diatur dengan pengatur arus tabung (mAs kontrol) dan waktu paparan diatur dengan pengatur waktu eksposi (Fahmi, 2008).

a. Pengatur Tegangan (KV)

Pengaturan tegangan melalui sebuah trafo variabel atau auto transformator. Keluaran trafo variabel berupa tegangan rendah antara 120 volt sampai 240 volt. Tegangan hasil seting ini masuk kedalam lilitan primer trafo HV dan keluarannya dari HV berupa tegangan tinggi yang siap dimasukkan kedalam tabung. Hasil pengaturan tegangan akan tampil pada *display*. Nilai tegangan hasil pengaturan yang ditampilkan pada *display* merupakan tegangan kerja tabung untuk menghasilkan sinar-X.

b. Pengatur Arus Tabung (mA kontrol)

Arus yang masuk ke tabung akan memanaskan filamen sehingga menghasilkan elektron cepat (elektron yang bergerak dari katoda ke anoda). Besar kecil arus yang masuk harus di atur untuk menentukan intensitas sinar-X yang dikeluarkan oleh tabung. Arus tersebut akan menghidupkan filamen dalam tabung yang selanjutnya akan menghasilkan elektron. Nilai arus hasil pengaturan yang ditampilkan pada *display* merupakan besaran arus tabung untuk menghasilkan sinar-X (Maryanto, 2008).

c. Pengatur waktu paparan (timer)

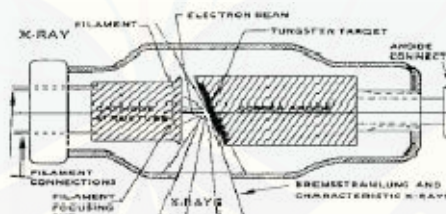
Waktu eksposi ditentukan oleh waktu pada pesawat sinar-X konvensional digunakan waktu dengan sistem mekanik. Ketepatan sistem mekanik biasanya kurang karena adanya gesekan gesekan yang menghambat kerja waktu sehingga tingkat presisinya rendah. Hal ini akan mempengaruhi hasil sinar-X yang dikeluarkan tabung. Panel kontrol harus sesuai dengan penyinaran sinar-X secara

otomatis sesudah beberapa waktu tertentu atau secara otomatis pada keadaan apapun dengan menggerakkan kembali panel kontrolnya. Apabila pengatur waktu yang secara mekanis tersedia, penyinaran yang diulang tidak dimungkinkan tanpa pengaturan kembali waktu penyinaran. Pengatur waktu waktu harus mampu menghasilkan kembali waktu penyinaran yang singkat secara tepat dengan selang waktu maksimum yang tidak lebih dari 5 detik. Alat penyinaran harus dibuat sebaik mungkin, sehingga penyinaran tambahan tidak terjadi (Lukman, 1992).

### 2.3 Tabung Sinar-X

Sinar-X dapat pula terbentuk melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat energi yang lebih rendah (Krane, 1992). Sinar-X yang terbentuk melalui proses ini mempunyai energi sama dengan selisih energi antara kedua tingkat energi elektron tersebut.

Sinar-X dihasilkan dari tabung sinar-X, yang merupakan suatu alat untuk menghasilkan elektron bebas, mempercepat dan akhirnya menumbuk suatu target seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Tabung Pesawat Sinar-x  
(Sumber: Bambang, 1986).

Pada proses tumbukan tersebut, akan menghasilkan sinar-X kontinyu (bremstrahlung) dan sinar-X karakteristik. Sinar-X karakteristik dapat diproduksi dengan jalan menembaki target logam dengan elektron cepat dalam suatu tabung vakum sinar katoda. Elektron sebagai proyektil dihasilkan dari pemanasan filamen yang juga berfungsi sebagai katoda (Syahriar, 1988). Elektron dari filamen dipercepat gerakannya, elektron yang bergerak sangat cepat itu akhirnya ditumbukkan pada



target logam bernomor atom tinggi dan suhu lelehnya juga tinggi. Target logam ini sekaligus juga berfungsi sebagai anoda. Ketika elektron berenergi tinggi itu menabrak target logam, maka sinar-X akan terpancar dari permukaan logam tersebut yang dikenal dengan sinar-X Bremsstrahlung. Sinar-X yang terbentuk melalui proses ini mempunyai energi maksimal sama dengan energi kinetik elektron pada saat terjadinya perlambatan. Sinar-X Bremsstrahlung mempunyai spektrum kontinyu (Krane, 1992).

### 2.3.1 Sifat-Sifat Sinar-X

Adapun sifat-sifat sinar-X sebagai berikut :

#### a. Memiliki Daya Tembus

Sinar-X dapat menembus bahan, dengan daya tembus sangat besar dan dimanfaatkan dalam radiografi. Makin tinggi tegangan tabung (besarnya kV) yang digunakan, makin besar daya tembusnya. Makin rendah berat atom atau kepadatan suatu benda, makin besar daya tembus sinarnya (Beiser, 1992).

#### b. Absorpsi

Sinar-X dalam radiografi di serap oleh bahan atau zat sesuai dengan berat atom atau kepadatan bahan atau zat tersebut. Makin tinggi kepadatan atau berat atomnya, makin besar penyerapannya.

#### c. Efek Fotografik

Sinar-X dapat menghitamkan emulsi film (emulsi perak-bromida) setelah diproses secara kimiawi dibangkitkan di kamar gelap.

#### d. Fluoresensi

Sinar-X menyebabkan bahan-bahan tertentu seperti kalsium-tungstat atau zink-sulfid memancarkan cahaya (luminisensi), bila bahan tersebut dikenai radiasi sinar-X.

e. Ionisasi

Efek primer sinar-X apabila mengenai suatu bahan atau zat akan menimbulkan ionisasi partikel-partikel bahan atau zat tersebut.

f. Efek Biologis

Sinar-X akan menimbulkan perubahan-perubahan biologik pada jaringan. Efek biologis ini dipergunakan dalam pengobatan radioterapi (Gabriel, 1996).

## 2.4 Tuberculosis

### 2.4.1 Pengertian Tuberculosis Paru (TB)

Tuberkolusis paru adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh basil *Mikrobacterium tuberculosis* yang merupakan salah satu penyakit saluran pernafasan bagian bawah karena sebagian besar basil *tuberculosis* masuk ke dalam jaringan paru.

### 2.4.2 Program Tuberculosis Paru

Indonesia masih sebagai penyumbang *tuberculosis* paru terbesar nomor 3 di dunia setelah negara India dan Cina. Jumlah pasien *tuberculosis* paru di Indonesia sekitar 10% dari total jumlah pasien *tuberculosis* paru di dunia. *Tuberculosis* paru sebagai penyebab kematian ketiga terbesar setelah penyakit kardiovaskuler, penyakit saluran pernapasan dan merupakan nomor satu terbesar dalam kelompok penyakit infeksi. Keterbatasan Pemerintah dan besarnya tantangan *tuberculosis* paru saat ini memerlukan peran aktif dengan semangat kemitraan dari berbagai instansi dan semua pihak yang terkait. Adanya dukungan berbagai pihak, perubahan perilaku masyarakat dan memberdayakan masyarakat dalam pelaksanaan penanggulangan *tuberculosis* paru sangat diharapkan sehingga keberhasilan program penanggulangan *tuberculosis* paru dapat tercapai. Program *tuberculosis* paru dilaksanakan selama enam bulan atau biasa disebut program *tuberculosis* paru enam bulan. Untuk mendiagnosis *tuberculosis* paru perlu dilakukan beberapa pemeriksaan seperti pemeriksaan klinis, radiologis dan laboratorium. Apabila pada waktu pemeriksaan klinis dinyatakan positif menderita *tuberculosis* paru, maka pasien harus melakukan foto thorax.

Pengobatan *tuberculosis* paru terbagi menjadi dua fase yaitu fase intensif dua bulan dan fase lanjutan empat bulan. Kontrol terakhir ini sangat penting karena untuk mengetahui perkembangannya. Setiap kali kontrol, pasien diharuskan untuk melakukan foto thorax. Dalam waktu enam bulan, pasien *tuberculosis* paru menjalani pemeriksaan foto thorax selama tiga kali (Sub Direktorat, 2013).

## 2.5 Proteksi Radiasi Sinar-X

### 2.5.1 Keselamatan radiasi

Keselamatan radiasi atau proteksi radiasi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari masalah kesehatan manusia maupun lingkungan dan berkaitan dengan pemberian perlindungan kepada seseorang atau sekelompok orang ataupun keturunannya yang dapat merugikan kesehatan akibat paparan radiasi (Hiswara, 1985). Asas-asas proteksi radiasi adalah sebagai berikut:

#### a. Asas Justifikasi

Kegiatan memanfaatkan radioaktif atau sumber radiasi hanya boleh dilakukan apabila menghasilkan keuntungan yang lebih besar kepada seseorang yang terkena penyinaran radiasi dibandingkan dengan kerugian radiasi yang mungkin diakibatkannya (Wiryosimin, 1995).

#### b. Asas Optimasi

Paparan radiasi yang berasal dari suatu kegiatan harus ditekan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial. Asas ini dikenal dengan ALARA atau *As Low As Reasonably Achievable*. Dengan asas optimasi diharapkan bahwa dosis yang diterima oleh pekerja dalam menjalankan tugasnya tetap serendah mungkin.

#### c. Asas Limitasi

Dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan tidak boleh melebihi nilai batas yang telah ditetapkan oleh instansi yang berwenang (Kustiono, 1985).

### 2.5.2 Ketentuan Umum Proteksi Radiasi

Dalam PP 63 Tahun 2000 diatur hal-hal yang berkaitan dengan proteksi dan keselamatan radiasi (Bapeten, 2011).

a. Sistem Pembatas Dosis.

Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup, pengusaha instalasi yang melaksanakan setiap kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir harus memenuhi prinsip-prinsip keselamatan dan kesehatan sebagai berikut :

1. setiap pemanfaatan tenaga nuklir harus mempunyai manfaat yang lebih besar dibanding dengan resiko yang ditimbulkan,
2. penerimaan dosis radiasi terhadap pekerja atau masyarakat tidak melebihi nilai batas yang ditetapkan badan pengawas,
3. kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir harus direncanakan dan sumber radiasi harus dirancang dan dioperasikan untuk menjamin agar paparan radiasi yang terjadi ditekan serendah-rendahnya.

b. Syarat Peralatan Radiasi

1. pengusaha instalasi yang merancang, membuat, mengoperasikan dan atau merawat sistem dan komponen sumber radiasi yang mempunyai potensi bahaya radiasi harus mencegah terjadinya penerimaan dosis yang berlebih.
2. sistem dan komponen sumber radiasi tersebut harus dirancang dan dibuat sesuai dengan standar.
3. dalam menerapkan dosis untuk keperluan medik dengan tujuan diagnostik dan terapi, pengusaha instalasi harus memperhatikan perlindungan pasien terhadap radiasi.

c. Sistem Manajemen Keselamatan Radiasi.

Pengusaha instalasi harus menerapkan sistem manajemen keselamatan radiasi, yang meliputi :

1. Organisasi Proteksi Radiasi

- a. Pengusaha instalasi harus memiliki organisasi proteksi radiasi yang sekurang-kurangnya terdiri atas unsur pengusaha instalasi, petugas proteksi radiasi dan pekerja radiasi.
  - b. Setiap pengusaha instalasi yang memanfaatkan tenaga nuklir harus mempunyai sekurang-kurangnya satu orang petugas proteksi radiasi.
  - c. Pengusaha instalasi wajib menunjuk orang lain atau dirinya sendiri sebagai petugas proteksi radiasi.
2. Pemantauan dosis radiasi dan radioaktivitas
- a. Pengusaha instalasi harus mewajibkan setiap pekerja radiasi untuk memakai peralatan pemantau dosis perorangan, sesuai dengan jenis instalasi dan sumber radiasi yang digunakan.
  - b. Apabila hasil evaluasi dosis menunjukkan penerimaan dosis berlebih, maka pengusaha instalasi harus melaksanakan tindak lanjut.
  - c. Pengusaha instalasi bertanggung jawab atas pelaksanaan pencatatan dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi.
  - d. Pencatatan dosis radiasi dilakukan oleh Petugas Proteksi Radiasi (PPR).
  - e. Catatan dosis radiasi harus dapat ditunjukkan sewaktu-waktu apabila diminta oleh Badan Pengawas.
  - f. Pengusaha instalasi harus memberikan salinan catatan dosis radiasi kepada pekerja radiasi yang akan memutuskan hubungan kerja.
  - g. Pengusaha instalasi harus melakukan pemantauan daerah kerja secara terus menerus, berkala dan atau sewaktu-waktu.
  - h. Pengusaha instalasi harus mencatat dan mendokumentasikan hasil pemantauan daerah kerja.



- i. Pengusaha instalasi harus melakukan pemantauan tingkat radioaktivitas buangan zat radioaktif ke lingkungan hidup secara terus menerus, berkala atau sewaktu-waktu.

### 3. Peralatan proteksi radiasi

Pengusaha instalasi harus menyediakan dan mengusahakan peralatan proteksi radiasi, pemantau dosis perorangan, pemantau daerah kerja dan pemantau lingkungan hidup yang dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan jenis sumber radiasi yang digunakan.

### 4. Pemeriksaan kesehatan

- a. Setiap orang yang akan bekerja sebagai pekerja radiasi harus sehat jasmani dan rohani serta serendah-rendahnya berusia 18 tahun.
- b. Pengusaha instalasi harus menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan awal secara teliti dan menyeluruh untuk setiap orang yang akan bekerja sebagai pekerja radiasi.
- c. Pengusaha instalasi harus menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan bagi setiap pekerja radiasi secara berkala selama bekerja sekurang-kurangnya sekali dalam satu tahun.
- d. Pengusaha instalasi harus memeriksakan kesehatan pekerja radiasi yang akan memutuskan hubungan kerja secara teliti dan menyeluruh.
- e. Hasil pemeriksaan kesehatan pekerja harus diberikan kepada pekerja radiasi yang bersangkutan.
- f. Pengusaha instalasi harus melaksanakan pencatatan hasil pemeriksaan kesehatan setiap pekerja radiasi dalam kartu kesehatan.
- g. Dalam hal terjadi kecelakaan radiasi, pengusaha instalasi harus menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan bagi pekerja radiasi yang diduga menerima paparan radiasi berlebih.

### 5. Penyimpanan dokumentasi

Pengusaha instalasi harus tetap menyimpan dokumentasi yang memuat catatan dosis, hasil pemantauan daerah kerja, hasil pemantauan lingkungan dan kartu kesehatan pekerja.

6. Penerapan jaminan kualitas

- a. Pengusaha instalasi harus membuat program jaminan kualitas bagi instalasi yang mempunyai potensi dampak radiologi tinggi.
- b. Program jaminan kualitas yang telah dibuat oleh pengusaha instalasi harus disampaikan kepada Badan pengawas untuk disetujui.
- c. Program jaminan kualitas yang telah disetujui harus dilaksanakan oleh pengusaha instalasi.

7. Pendidikan dan latihan

- a. Setiap pekerja radiasi harus memperoleh pendidikan dan pelatihan tentang keselamatan dan kesehatan kerja terhadap radiasi
- b. Pengusaha instalasi bertanggung jawab atas pelaksanaan pendidikan dan pelatihan.

## 2.6 Dosimetri

Dosimetri merupakan kegiatan pengukuran dosis radiasi dengan teknik pengukurannya didasarkan pada pengukuran ionisasi yang disebabkan oleh radiasi dalam gas, terutama udara (Akhadi, 2000).

### 2.6.1 Besaran dan Satuan Dosis Radiasi

a. Aktifitas Radioaktif

Aktifitas Radioaktif adalah ukuran aktifitas inti atom radioaktif yang menyatakan banyaknya peluruhan yang terjadi per detik. Satuan SI untuk aktifitas adalah Becquerel (Bq) yang didefinisikan sebagai satu peluruhan per detik. Satuan lain yang lebih sering digunakan adalah Curie (Ci) dimana  $1 Ci = 3.7 \times 10^{10} Bq$  (Hiswara, 1995).

## b. Eksposi

Eksposi atau penyinaran dapat didefinisikan sebagai jumlah energi yang mengalir persatuan waktu melalui satuan luas yang dipancarkan oleh tabung sinar-X. Satuan yang biasanya digunakan untuk eksposi sinar-X atau gamma yang menghasilkan muatan 1 esu di dalam 1 cc udara kering dalam keadaan STP. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$X = \frac{v^2 it}{d^2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

X = dosis paparan radiasi (mR)

v = tegangan tabung (kV)

i = arus tabung (mA)

t = waktu penyinaran (s)

d = jarak fokus ke film(cm)

## c. Dosis Serap

Untuk mengetahui jumlah energi yang diserap oleh medium digunakan besaran dosis serap. Satuan SI untuk dosis serap adalah gray artinya 1 gray sama dengan energi sebesar 1 joule yang terserap oleh 1 kg bahan. Eksposi 1 R mampu menghasilkan  $87,65 \cdot 10^{-2}$  Rad = 0,88 Rad (Hiswara, 1987). Secara matematis dosis serap (D) dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mR} &= 10^{-3} \text{ R} \\ 1 \text{ R} &= 0.877 \text{ Rad} \\ 1 \text{ Rad} &= 10^{-2} \text{ Gy} \\ 1 \text{ Gy} &= 10^3 \text{ mGy} \\ D &= X(10^{-3})0.88 \cdot 10^{-2}(10^3) \text{ mGy} \\ D &= X(0.88)10^{-2} \text{ mGy} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Besaran dosis serap ini berlaku untuk semua jenis radiasi dan semua jenis bahan yang dikenainya (Ulum, 2008).

## d. Dosis Ekuivalen

Ditinjau dari sudut efek biologi yang ditimbulkan dari radiasi, ternyata efek yang timbul pada suatu jaringan akibat penyinaran oleh bermacam-macam radiasi pengion tidak sama, meskipun dosis serap dari beberapa jenis radiasi yang diterima jaringan itu sama besar. Satuan untuk dosis ekuivalen adalah rem. Dosis ekuivalen dituliskan sebagai berikut :

$$H = \omega_R \cdot D \quad (2.3)$$

$\omega_R$  adalah faktor bobot radiasi yang besarnya ditunjukkan pada Tabel 2.1

e. Dosis Efektif

Untuk menunjukkan keefektifan radiasi dalam menimbulkan efek tertentu pada suatu organ diperlukan besaran baru yang disebut besaran dosis efektif. Faktor pembobot dosis ekuivalen untuk organ T disebut faktor bobot jaringan. Dosis efektif dalam organ T dapat ditulis dengan persamaan :

$$D_E = w_T H \quad (2.4)$$

$D_E$  = dosis efektif (mSv),  $w_T$  = faktor bobot jaringan dan  $H$  = dosis ekuivalen.

Tabel 2.1 Faktor bobot radiasi untuk beberapa jenis dan energi radiasi

Jenis dan rentang radiasi	( $w_R$ )
Foton semua energi	1
Elektron dan muon, semua energi	2
Neutron dengan energi (En): En < 10 keV	5
10 keV < En < 100 keV	10
100 keV < En < 2 MeV	20
2MeV < En < 20 MeV	10
En > MeV	5
Proton selain protol terpental (recoil), energi > 2 MeV	5
Partikel $\alpha$ , hasil belah inti berat	20

(Sumber : Rahayuningsih, 2010).

Tabel 2.2 Faktor Bobot Jaringan Bagian Organ Tubuh

No	Jenis Organ	$w_r$
1	Gonad	0.02
2	Sumsum Merah Tulang	0.12
3	Usus Besar	0.12
4	Paru-Paru	0.12
5	Lambung	0.12
6	Bladder	0.05
7	Payudara	0.05
8	Hati	0.05
9	Oesophagus	0.05
10	Thyroid	0.05
11	Kulit	0.01
12	Organ Sisa	0.05

Termasuk ke dalam organ sisa adalah adrenal, otak, usus besar atas, usus kecil, ginjal, otot, pankreas, spleen, thymus, dan uterus (Sumber: Bapeten , 2012).

### 2.6.2 Nilai Batas Dosis

Keselamatan radiasi dalam masyarakat umumnya selalu berdasarkan pada konsep dosis ambang. Setiap dosis betapapun kecilnya akan menyebabkan terjadinya proses kelainan, tanpa memperhatikan panjangnya waktu pemberian dosis. Karena tidak adanya dosis ambang ini, maka masalah utama dalam pengawasan keselamatan radiasi adalah dalam batas dosis tertentu sehingga efek yang akan ditimbulkannya masih dapat diterima baik oleh masyarakat. Oleh karena itu, setiap kemungkinan penerimaan dosis oleh pekerja radiasi maupun anggota masyarakat bukan pekerja radiasi harus diusahakan serendah mungkin (Tamaela, 2010).

Nilai batas dosis yang diberlakukan di Indonesia dicantumkan dalam Surat Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor: PN 03/160/DJ/89 menekankan bahwa pekerja yang berumur kurang dari 18 tahun tidak diizinkan untuk bertugas sebagai pekerja radiasi ataupun diberi tugas yang memungkinkan pekerja tersebut mendapatkan penyinaran radiasi (Reed,1994). Selain itu, pekerja wanita



dalam masa menyusui tidak diizinkan mendapat tugas yang mengandung resiko kontaminasi radioaktif yang tinggi, jika perlu terhadap wanita dilakukan pengecekan khusus terhadap kemungkinan kontaminasi (Edwards, 1990). Menurut rekomendasi ICRP dan bapeten nilai batas dosis untuk :

a. Pekerja radiasi yang di tempat kerjanya terkena radiasi yaiyu:

1. Dosis efektif 20 mSv pertahun rata-rata dalam 5 tahun berturut-turut
2. Dosis efektif 50 mSv dalam 1 tahun tertentu
3. Dosis ekuivalen untuk lensa mata 150 mSv dalam 1 tahun
4. Dosis ekuivalen untuk tangan, kaki dan kulit 500 mSv dalam 1 tahun

b. Untuk pekerja magang (16-18 tahun)

1. Dosis efektif 6 mSv dalam 1 tahun
2. Dosis ekuivalen untuk lensa mata 50 mSv dalam 1 tahun
3. Dosis ekuivalen untuk tangan, kaki, dan kulit 150 mSv dalam 1 tahun

c. Untuk masyarakat umum

1. Dosis efektif sebesar 1 mSv dalam 1 tahun.
2. Dosis ekuivalen untuk lensa mata sebesar 15 mSv dalam 1 tahun
3. Dosis ekuivalen untuk tangan, kaki dan kulit 50 mSv dalam 1 tahun

Jika wanita hamil yang di tempat kerjanya terkena radiasi, diterapkan batas radiasi yang lebih ketat. Dosis radiasi paling tinggi yang diizinkan selama kehamilan adalah 2 mSv (Gani, 1992).

### 2.6.3 Efek Biologis Radiasi Terhadap Tubuh

Radiasi sinar-X dapat memberikan dampak negatif terhadap tubuh manusia salah satunya yaitu dapat merusak jaringan sel. Menurut Rindayani (2006), semua radiasi ionisasi berbahaya bagi jaringan hidup, walaupun jika kerusakan sedikit, jaringan tersebut masih dapat memperbaiki dirinya sehingga tidak ada pengaruh yang permanen. Berbagai radiasi dari radioaktif dapat mengionisasi materi yang dilaluinya. Bahaya radiasi ini tidak tampak tetapi berbahaya (Beiser, 1992). Untuk kepentingan proteksi radiasi, *International Commission on Radiological Protection* (ICRP)

membagi efek radiasi pengion terhadap tubuh manusia menjadi dua, yaitu efek stokastik dan efek deterministik.

Efek stokastik adalah efek yang penyebab timbulnya merupakan fungsi dosis radiasi dan diperkirakan tidak mengenal dosis ambang. Efek ini terjadi sebagai akibat paparan radiasi dengan dosis yang menyebabkan terjadinya perubahan pada sel. Radiasi serendah apapun selalu terdapat kemungkinan untuk menimbulkan perubahan pada sistem biologik, baik pada tingkat molekul maupun sel (Gella, 1983). Dengan demikian radiasi dapat pula tidak membunuh sel tetapi mengubah sel, sel yang mengalami modifikasi atau sel yang berubah ini mempunyai peluang untuk lolos dari sistem pertahanan tubuh yang berusaha untuk menghilangkan sel seperti ini. Efek stokastik terjadi tanpa ada dosis ambang dan baru akan muncul setelah masa laten yang lama. Semakin besar dosis paparan, semakin besar peluang terjadinya efek stokastik, sedangkan tingkat keparahannya tidak ditentukan oleh jumlah dosis yang diterima. Bila sel yang mengalami perubahan adalah sel genetik, maka sifat-sifat sel yang baru tersebut akan diwariskan kepada turunannya sehingga timbul efek genetik atau pewarisan. Apabila sel ini adalah sel somatik maka sel-sel tersebut dalam jangka waktu yang relatif lama, ditambah dengan pengaruh dari bahan-bahan yang bersifat toksik lainnya, akan tumbuh dan berkembang menjadi jaringan ganas atau kanker (Supriyadi, 2005).

Efek Stokastik dosis radiasi serendah apapun selalu terdapat kemungkinan untuk menimbulkan perubahan pada sistem biologik, baik pada tingkat molekul maupun sel. Dengan demikian radiasi dapat pula tidak membunuh sel tetapi mengubah sel-sel yang mengalami modifikasi atau sel yang berubah ini mempunyai peluang untuk lolos dari sistem pertahanan tubuh yang berusaha untuk menghilangkan sel seperti ini. Semua akibat proses modifikasi atau transformasi sel ini disebut efek stokastik yang terjadi secara acak (Pujiastuti, 2005). Efek stokastik terjadi tanpa ada dosis ambang dan baru akan muncul setelah masa laten yang sama. Semakin besar dosis paparan, semakin besar peluang terjadinya efek stokastik, sedangkan tingkat keparahannya tidak ditentukan oleh jumlah dosis yang diterima.

Bila sel yang mengalami perubahan adalah sel genetik, maka sifat-sifat sel yang baru tersebut akan mewariskan kepada turunannya sehingga timbul efek genetik atau pewarisan. Apabila sel ini adalah sel somatik maka sel-sel tersebut dalam jangka waktu yang relatif lama, ditambah dengan pengaruh dari bahan-bahan yang bersifat toksik lainnya, akan tumbuh dan berkembang menjadi jaringan ganas atau kanker. Paparan radiasi dosis rendah dapat meningkatkan resiko kanker dan efek pewarisan yang secara statistik dapat dideteksi pada suatu populasi, namun tidak secara serta merta terkait dengan paparan individu (Sastrodiharjo, 1985).

Efek deterministik (efek non stokastik) terjadi karena adanya proses kematian sel akibat paparan radiasi yang mengubah fungsi jaringan yang terkena radiasi. Efek ini dapat terjadi sebagai akibat dari paparan radiasi pada seluruh tubuh maupun lokal (Yapas, 2007). Efek deterministik timbul bila dosis yang diterima di atas dosis ambang dan umumnya timbul beberapa saat setelah terpapar radiasi. Tingkat keparahan efek deterministik akan meningkat bila dosis yang diterima lebih besar dari dosis ambang yang bervariasi bergantung pada jenis efek. Pada dosis lebih rendah dan mendekati dosis ambang, kemungkinan terjadinya efek deterministik dengan demikian adalah nol. Sedangkan diatas dosis ambang, peluang terjadinya efek ini menjadi 100%.

Bahaya eksternal berasal dari sumber radiasi yang terdapat diluar tubuh. Jika zat radioaktif masuk dalam tubuh, maka akan timbul bahaya radiasi internal. Untuk mengatasinya diperlukan cara pengendalian yang sangat berlainan. Partikel alpha umumnya tidak dianggap sebagai sumber berbahaya eksterna yang potensial karena daya tembusnya sangat kecil dengan demikian mudah tertahan pada lapisan luar dari kulit. Bahaya eksternal mungkin ditimbulkan oleh pancaran beta, sinar-X, gamma atau neutron yang dapat menembus lebih dalam ke bagian dalam tubuh. Bahaya eksternal dikendalikan dengan mempergunakan tiga prinsip dasar proteksi radiasi yaitu memperhitungkan waktu, jarak dan penahan radiasi.

Setiap radiasi yang diterima oleh seseorang memiliki dampak terhadap tubuh. Dampak ini bergantung pada seberapa besar dosis radiasi yang diterima. Berikut adalah besar dosis serta efek biologis yang mungkin diderita setelah terkena radiasi.

Tabel 2.3 Dampak Biologis Radiasi

H (rem)	Dampak Biologis
50	Mulai tampaknya dampak biologis radiasi
100	Selera makan hilang, rambut rontok, muntah, diare, pendarahan, pucat, kemandulan tetap pada wanita, kemandulan 3-4 tahun pada pria.
200	Kanker dan leukemia
450	Kematian (10 %) dalam beberapa bulan
700	Kematian (50 %) dalam beberapa bulan
1000	Kematian (90 %) dalam beberapa bulan
10000	Kematian dalam beberapa hari
100000	Kematian dalam beberapa jam
1000000	Kematian dalam beberapa menit

(Sumber : Darussalam, 1989).

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Paru Jember pada bulan April 2015 sampai selesai.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat dan panel kontrol pesawat rontgen model G100C RAD No. Seri CPD 13358L12

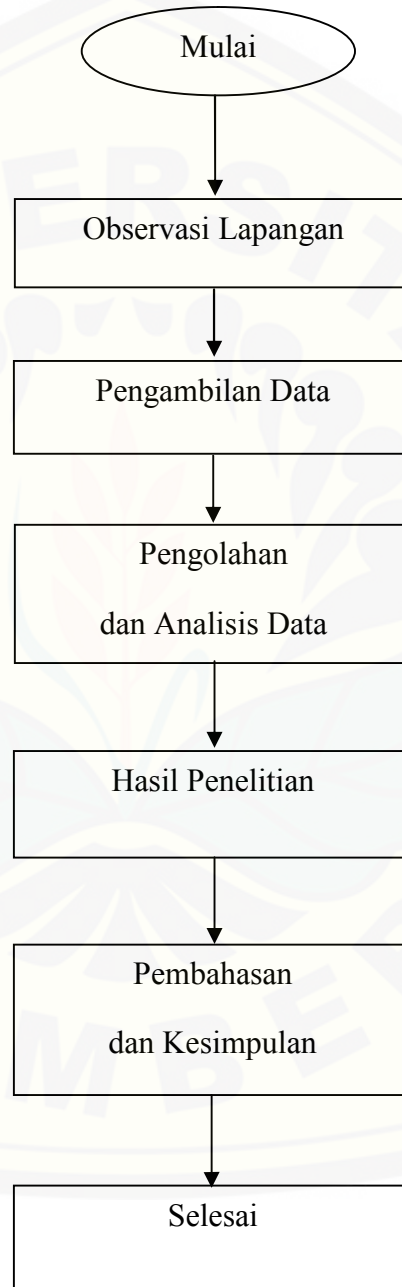


Gambar 3.1 Panel kontrol pesawat Rontgen Model G100C RAD No. Seri CPD 13358L12 :  
(a) Tabung sinar-X (b) Panel kontrol sinar-X (c) Masukan tegangan sinar-X  
(d) Sistem Informasi Managemen Rumah Sakit (e) Penghasil gambar foto thorax  
(f) Mesin print foto thorax.



### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa langkah seperti yang ditunjukkan dalam diagram alir berikut :



Gambar 3.2 Diagram Penelitian

### 3.3.1 Observasi Lapangan

Observasi ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi Rumah sakit Paru Jember. Pada tahapan ini dilakukan peninjauan mengenai pemberian dosis efektif sinar-x pada pasien *tuberculosis* paru di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Paru Jember. Pemeriksaan yang dilakukan hanya pada pasien thorax posisi PA (Posterior-Anterior) dengan objek pria dan wanita masing-masing kategori muda (17-35 tahun), paruh baya (36-50 tahun) dan tua (>50 tahun) dengan kondisi badan kurus, sedang dan gemuk.

### 3.3.2 Pengambilan Data

Objek dalam penelitian ini yaitu pasien *tuberculosis* paru. Berikut prosedur dalam pengambilan data:

- a. Mengkategorikan dan mencatat usia pasien.
- b. Mencatat tinggi dan berat badan pasien untuk menentukan nilai Indeks Massa Tubuh (IMT).
- c. Mencatat nilai tegangan (kV), arus (mA) dan paparan (s) saat pesawat sinar-X mengekspose pasien.

### 3.3.3 Pengolahan dan Analisis Data

Data-data hasil penelitian adalah nilai tegangan (kV), waktu penyinaran (s), arus (mA), tinggi badan dan massa tubuh pasien. Pengolahan data yang dilakukan menggunakan microsoft office excel. Indeks Massa Tubuh (IMT) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$IMT = \frac{BB}{\left(\frac{TB}{100}\right)^2} \quad (3.1)$$

BB = berat badan (kg)

TB = tinggi badan (cm)

IMT mendefinisikan kondisi tubuh dengan kriteria sebagai berikut : kurus 17.0-18.5, sedang 18.6-25.0 dan gemuk 25.1-27.0 (Departemen Kesehatan, 2008).

Besarnya dosis paparan radiasi secara sistematis dapat dihitung seperti pada persamaan berikut (Fahmi, 2008):

$$X = \frac{v^2 it}{d^2} \quad (3.2)$$

Dimana  $X$  = dosis paparan radiasi (mR)

$v$  = tegangan tabung (kV)

$i$  = arus tabung (mA)

$t$  = waktu penyinaran (s)

$d$  = jarak fokus ke film (cm)

1 Roentgen (R) sama dengan 0.877 Rad dosis di udara, sehingga untuk menentukan dosis serap ( $D$ ) yang diterima oleh pasien yaitu dengan persamaan:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mR} &= 10^{-3} \text{ R} \\ 1 \text{ R} &= 0.877 \text{ Rad} \\ 1 \text{ Rad} &= 10^{-2} \text{ Gy} \\ 1 \text{ Gy} &= 10^3 \text{ mGy} \\ D &= X(10^{-3})(0.877)(10^{-2})(10^3) \text{ mGy} \\ D &= X(0.877)10^{-2} \text{ mGy} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Dadalah dosis serap (mGy). Dosis ekuivalen dihitung menggunakan persamaan:

$$H = R \cdot D \quad (3.4)$$

Dimana  $H$  adalah dosis ekuivalen (rem),  $R$  adalah faktor kualitas radiasi = 1 untuk sinar-X. Setiap organ tubuh manusia tidak sama baiknya dalam hal menyerap energi radiasi, sehingga didefinisikan dosis efektif  $D_E$  (mSv) yang dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$D_E = H \cdot T \quad (3.5)$$

Dimana  $T$  adalah faktor pembobot paru-paru = 0.12.