

TUGAS AKHIR
DISTRIBUSI HORIZONTAL SCATTER RADIASI
OBYEK PHANTOM PELVIS PADA MOBILE X - RAY
DI GEDUNG PUSAT DIAGNOSTIK TERPADU
RSU DR. SOETOMO SURABAYA

KKA
KK
FK .R. 67/19
Pus
d



DISUSUN OLEH:

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| 1. Anita Puspitadewi | (011103012) |
| 2. Rosa Indah Lestari | (011103018) |
| 3. Rizky Myalasari | (011103033) |
| 4. Dina Apritayani | (011103040) |

PROGRAM STUDI DIPLOMA III RADIOLOGI

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2014

TUGAS AKHIR

DISTRIBUSI HORIZONTAL *SCATTER* RADIASI OBJEK PHANTOM PELVIS PADA *MOBILE X-RAY* DI GEDUNG PUSAT DIAGNOSTIK TERPADU RSU DR. SOETOMO SURABAYA

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan

Program Studi Diploma III Radiologi

Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

DISUSUN OLEH:

- 1. ANITA PUSPITADEWI (011103012)**
- 2. ROSA INDAH LESTARI (011103018)**
- 3. RIZKY MYALASARI (011103033)**
- 4. DINA APRITAYANI (011103040)**

PROGRAM STUDI DIPLOMA III RADIOLOGI

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2014

LEMBAR PENGESAHAN

**DISTRIBUSI HORIZONTAL *SCATTER* RADIASI
OBJEK PHANTOM PELVIS PADA *MOBILE X – RAY*
DI GEDUNG PUSAT DIAGNOSTIK TERPADU
RSU DR. SOETOMO SURABAYA**

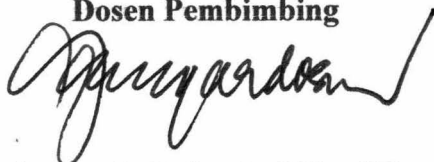
DISUSUN OLEH:

- 1. ANITA PUSPITADEWI (011103012)**
- 2. ROSA INDAH LESTARI (011103018)**
- 3. RIZKY MYALASARI (011103033)**
- 4. DINA APRITAYANI (011103040)**

TUGAS AKHIR INI TELAH DISAHKAN

4 JUNI 2014

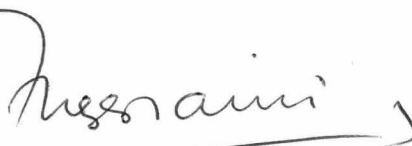
Dosen Pembimbing



Soegardo Indra P., BSc., SE
NIP. 14006726400

Mengetahui,

**Ketua Program Studi DIII Radiologi
Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga**



DR. dr. Hj. Anggraini Dwi Sensusiaty, Sp. Rad(K)
NIP. 19610912 198003 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

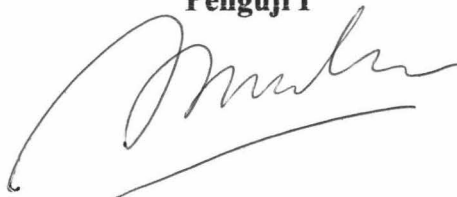
Tugas akhir ini disetujui pada 4 Juni 2014

Dosen Pembimbing



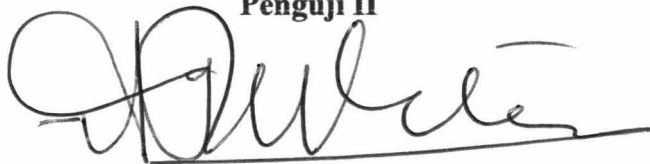
Soegardo Indra P., BSc., SE
NIP. 14006726400

Penguji I



Didik Nurtjahjo, Amd. Rad., SST
NIP. 19720224 200604 1 009

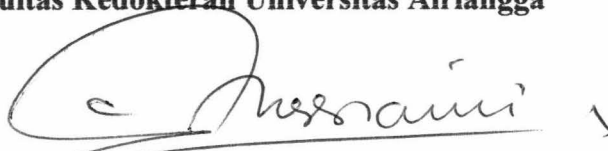
Penguji II



Agung Tri Pambudi, Amd. Rad., SE
NIP. 19620303 199103 1 008

Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII Radiologi
Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga



DR. dr. Hj. Anggraini Dwi Sensusiati, Sp. Rad(K)
NIP. 19610912 198003 2 001

SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Anita Puspitadewi (011103012)
2. Rosa Indah Lestari (011103018)
3. Rizky Myalasari (011103033)
4. Dina Apritayani (011103040)

Judul Tugas Akhir: *DISTRIBUSI HORIZONTAL SCATTER* RADIASI OBYEK
PHANTOM PELVIS PADA *MOBILE X - RAY* DI GEDUNG
PUSAT DIAGNOSTIK TERPADU RSU DR. SOETOMO
SURABAYA

Menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah karya asli penulis. Apabila
dikemudian hari terbukti bahwa Tugas Akhir ini tidak asli maka penulis bersedia
mendapatkan sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Peneliti I



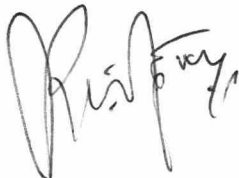
Anita Puspitadewi
011103012

Peneliti II



Rosa Indah Lestari
011103018

Peneliti III



Rizky Myalasari
011103033

Peneliti IV



Dina Apritayani
011103040

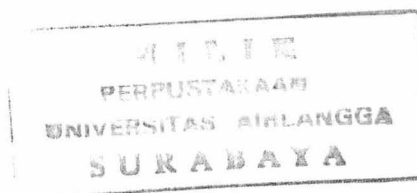
KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukurkami panjatkan kehadirat Allah SWT, dengan segala limpahan rahmat, nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul: **“DISTRIBUSI HORIZONTAL SCATTER RADIASI OBYEK PHANTOM PELVIS PADA *MOBILE X - RAY* DI GEDUNG PUSAT DIAGNOSTIK TERPADU RSU DR. SOETOMO SURABAYA”** sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Studi Diploma III Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya. Penelitian ini diharapkan mampu menjadi media ilmu belajar bagi mahasiswa Diploma III Radiologi yang dapat memberikan manfaat untuk seterusnya.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
2. Segenap seluruh orang tua dan keluarga kami yang sangat kami sayangi dalam memberikan dukungan serta doa penuh atas terselesaikannya tugas akhir ini.
3. DR. dr. Hj. Anggraini Dwi Sensusiati. Sp. Rad(K), selaku Ketua Program Studi Diploma III Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.

4. Bapak Soegardo Indra P., BSc., SE selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, motivasi dan ilmunya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir kami.
5. STIKES Yayasan RS.DR.Soetomo Surabaya yang selalu bersedia meminjamkan tempat serta alat penunjang yang dapat melancarkan konsultasi tugas akhir kami.
6. Mbak ana, mbak eni, mas hendrik yang membantu peminjaman phantom di RSUA.
7. Seluruh staf sekretariat diploma III Radiologi Bu Mundiroh, Pak Mun'im, Pak Irvan, dan Mbak Ani. Terima kasih atas doa dan dukungannya.
8. Seluruh instruktur (radiografer) Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSU Dr. Soetomo Surabaya, khususnya Pak Doni dan Pak Zakaria yang sudah meminjamkan tempat untuk penelitian kami serta Pak Toni yang meminjamkan surveymeter.
9. Para dosen Diploma III Radiologi yang selalu memberikan ilmu sebagai jendela dunia.
10. Bu Betty BPFK yang membantu menganalisa penelitian kami.
11. Teman-teman radiologi angkatan 2011 "RADTHUNDER" semoga selalu saling mendukung dan selalu semangat.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PESETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II: TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sejarah Sinar-X.....	5
2.2 Pesawat <i>Mobile X-ray</i>	6
2.3 <i>Isocenter</i>	9
2.4 <i>Scatter</i>	9
2.5 Teori Interaksi Radiasi dengan Bahan	10
2.5.1 Efek Fotolistrik	10
2.5.2 Hamburan Compton.....	11

2.5.3 Produksi Pasangan	12
2.6 Sistem Pembatasan Dosis.....	14
2.7 Efek Radiasi yang Timbul.....	17
BAB III: KERANGKA KONSEPTUAL	
3.1 Kerangka Konseptual	19
3.2 Keterangan Kerangka Konseptual.....	20
BAB IV: METODE PENELITIAN	
4.1 Desain Penelitian.....	21
4.2 Sampel Penelitian.....	21
4.3 Variabel Penelitian	
4.3.1 Variabel Bebas	21
4.3.2 Variabel Moderator	21
4.3.3 Variabel Terikat	22
4.4 Definisi Operasional.....	22
4.5 Tempat Penelitian.....	23
4.6 Waktu Penelitian	23
4.7 Instrumen Penelitian.....	23
4.8 Prosedur Pengumpulan Data	23
4.9 Alat dan Bahan.....	24
4.10 Langkah Pengukuran Laju Paparan	26
4.11 Kerangka Operasional Penelitian.....	28
4.12 Analisis Data	28
4.13 Anggaran Dana.....	29
4.14 Jadwal Penelitian.....	29
BAB V: HASIL PENELITIAN	
5.1 Pengantar Bab	30
5.2 Karakteristik Sampel.....	30
5.3 Hasil Penelitian	32

BAB VI: PEMBAHASAN.....	34
BAB VII: PENUTUP	
7.1 Kesimpulan	39
7.2 Saran.....	40
Daftar Pustaka	41
Lampiran	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pesawat <i>Mobile X-ray</i>	6
Gambar 2.2 Tabung X-ray	7
Gambar 2.3 Titik <i>Isocenter</i>	9
Gambar 2.4 Mekanisme Terjadinya Efek Fotolistrik.....	11
Gambar 2.5 Mekanisme Terjadinya Hamburan Compton	12
Gambar 2.6 Proses Terjadinya Produksi Pasangan.....	13
Gambar 2.7 Proses Pemisahan Pasangan	13
Gambar 4.1 Pesawat <i>Mobile X-ray</i> GE.....	24
Gambar 4.2 <i>Phantom Pelvis</i>	25
Gambar 4.3 <i>Surveymeter</i>	25
Gambar 5.1 Titik <i>Isocenter</i> pada <i>Phantom</i>	30
Gambar 5.2 Titik <i>Isocenter</i> dari Penampang Atas	31
Gambar 5.3 Titik <i>Isocenter</i> dari Penampang Samping	31
Gambar 5.4 Titik <i>Isocenter</i> dari Penampang Bawah	32
Gambar 6.1 Pola Distribusi Horizontal <i>Scatter</i> Radiasi (Jarak 100 cm dari <i>isocenter</i>).....	35
Gambar 6.2 Pola Jarak Aman.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Dosis Rata-rata (mSv).....	32
Tabel 5.2 Dosis Laju Paparan (mSv/jam)	33
Tabel 5.3 Jarak Aman.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Sertifikat Alat	42
Lampiran 2 : Dokumentasi Penelitian.....	44

INTISARI

“Distribusi Horizontal *Scatter* Radiasi Obyek Phantom Pelvis pada Pesawat *Mobile X-ray* di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya”

Anita Puspitadewi, Rosa Indah Lestari, Rizky Myalasari, Dina Apritayani.

Telah dilakukan penelitian Distribusi Horizontal *Scatter* Radiasi Obyek Phantom Pelvis pada Pesawat *Mobile X-ray* di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola distribusi horizontal *scatter* radiasi dan menganalisa tercapainya jarak aman terhadap *scatter* radiasi yang ditimbulkan oleh paparan obyek phantom pelvis di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif observasional terhadap phantom pelvis dengan cara mengukur laju paparan radiasi di titik A sampai dengan titik H menggunakan surveymeter pada jarak 100 cm dari *isocenter*. Selanjutnya, data pengukuran diolah dengan rumus *invers square law* sehingga dapat diketahui jarak aman terhadap *scatter* radiasi berdasarkan Nilai Batas Dosis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju paparan radiasi pada jarak 1 meter tidak aman bagi pekerja radiasi, paramedis dan lingkungan sekitar pemeriksaan radiologi. Sedangkan jarak aman yang diperoleh berdasarkan Nilai Batas Dosis ± 3 meter dari *isocenter*.

Berdasarkan hasil analisis data, laju paparan radiasi terbesar berada di titik C sebesar 0,0302 mSv/jam. Hal tersebut menunjukkan pengaruh dari variabel bebas diantaranya FID, kolimasi, densitas obyek, dan faktor eksposi yang menghasilkan variabel terikat berupa *scatter* radiasi. Sehingga dihasilkan pola distribusi horizontal *scatter* radiasi dan tercapainya jarak aman terhadap *scatter* radiasi yang ditimbulkan oleh paparan obyek phantom pelvis di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

Kata kunci : *isocenter*, *scatter*, distribusi horizontal, jarak aman.

ABSTRACT

“Horizontal Distribution of Scatter Radiation from Pelvic Phantom exposed by Mobile X-ray in Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSU Dr. Soetomo Surabaya”

Anita Puspitadewi, Rosa Indah Lestari, Rizky Myalasari, Dina Apritayani.

Has conducted research Horizontal Distribution of Scatter Radiation from Pelvic Phantom exposed by Mobile X-ray in Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSU Dr. Soetomo Surabaya. This experiment's purpose to identification pattern of horizontal distribution scatter radiation and to analyzed to get safety distance of scatter radiation which created by spread of pelvic phantom in Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSU Dr. Soetomo Surabaya.

The experiment is an observational description of pelvic phantom with measuring spread rate of radiation in point A until H using areal surveymeter at 100 cm gap from isocenter. Then, the data processed by inverse square law, so that it can be seen a safety distance from scatter radiation based on Maximum Permeasible Dose (MPD).

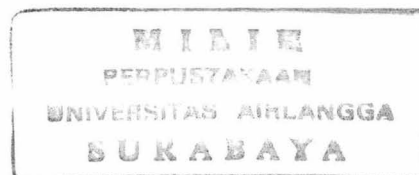
The result shows that spread rate of radiation at 1 meter gap is not safe for radiographer, paramedics, and others. However, the safety distance according based on Maximum Permeasible Dose (MPD) is about 3 meters from isocenter.

Based on analyzed data, the highest dose rate among the spread of the scatter radiation is at point C= 0,0302 mSv/jam. It shows the effect from independent variables i.e. FID, colimation, object dencity, and exposure factor that result dependent variable: scatter radiation. By that way, we can construct the dose rate at isodistance and the distance at isodose rate (MPD) of scatter radiation which created from pelvic phantom exposed by Mobile X-ray in Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSU Dr. Soetomo Surabaya.

Keys : isocenter, scatter, horizontal distribution, safety distance.

BABI

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Secara umum, radiasi merupakan pemancaran energi dalam bentuk gelombang atau partikel yang mempunyai kandungan energi besar, sehingga radiasi tersebut dapat menimbulkan ionisasi sepanjang lintasannya. Radiasi semacam itu disebut radiasi pengion. Salah satu radiasi pengion adalah sinar-X (X-ray).

Dalam bidang kedokteran, sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik yang bermanfaat untuk melihat bagian dalam tubuh manusia yang tidak tampak pada "pemeriksaan biasa" dan dengan pemeriksaan tersebut dapat membantu untuk menegakkan diagnosis suatu penyakit ataupun kelainan. Disamping membawa manfaat, sinar-X juga membawa efek negatif berupa efek genetik dan efek somatik.

Apabila ditinjau berdasarkan dosis radiasi sebagai kepentingan proteksi radiasi, efek negatif dibedakan atas efek deterministik dan efek stokastik. Untuk menghindari terjadinya efek-efek tersebut, maka ditetapkan suatu Nilai Batas Dosis (NBD) untuk pekerja radiasi dan masyarakat umum. Upaya yang harus dilakukan oleh para pekerja radiasi agar NBD tidak terlampaui adalah dengan menerapkan 3 faktor proteksi radiasi, yaitu waktu, jarak, dan pelindung. Adapun yang dimaksud adalah dengan mempersingkat waktu eksposi (pemeriksaan), memperpanjang jarak dari sumber radiasi karena semakin jauh jarak dari radiasi semakin sedikit radiasi yang diterima,

berada dibalik pelindung salah satunya dengan memakai apron dari karet timbal karena dengan ketebalan tertentu apron tidak dapat ditembus oleh *scatter* radiasi. *Scatter* radiasi disebut juga radiasi sekunder yang mempunyai sifat berpendar ke segala arah.

Peneliti menggunakan *mobile X-ray* merupakan alat modern yang bisa dipindahkan ke semua tempat ketika dibutuhkan pemeriksaan yang menggunakan sinar-X, sehingga apabila dalam perawatan intensif dan pasien tidak bisa dibawa ke instalasi radiologi, maka *mobile X-ray* tersebut digunakan. Dalam penggunaan di ruang perawatan intensif inilah proteksi terhadap radiasi menjadi kurang memadai bagi kondisi pasien di sekitar dan petugas medis yang berada di dalam ruangan. Oleh karena itu, peneliti menggunakan *mobile X-ray* dalam penelitian tersebut.

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian menggunakan sinar-X yang berkaitan dengan distribusi horizontal *scatter* radiasi perlu diteliti guna mengetahui pentingnya jarak aman terhadap *scatter* radiasi sehingga dapat meminimalisir resiko bahaya radiasi untuk pasien, petugas dan masyarakat lain disekitarnya. Berkaitan dengan hal tersebut, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “Distribusi Horizontal *Scatter* Radiasi Obyek Phantom Pelvis pada Pesawat *Mobile X-ray* di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka peneliti mengambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pola distribusi horizontal *scatter* radiasi yang dihasilkan oleh paparan sinar-X dari *mobile X-ray* pada phantom pelvis?
2. Seberapa jauh jarak aman radiasi tanpa pelindung dalam ruang pemeriksaan?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari berbagai penafsiran yang mungkin terjadi maka peneliti membatasi ruang lingkup penelitian yakni:

1. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan sumber radiasi dari pesawat mobile unit merk GE di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu dengan obyek phantom pelvis standart,
2. Luas lapangan penyinaran 35x43cm dan FID (*Focus Isocenter Distance*) 100cm,
3. Alat ukur yang digunakan adalah surveymeter dengan titik ukur pada *isocenter*. *Isocenter* adalah titik (abstrak) dalam suatu ruang yang dari semua arah berjarak 100 cm terhadap *focus*,
4. Titik ukur dilakukan pada bidang horizontal setinggi *isocenter* setiap sudut kelipatan 45° di kuadran I, II, III, IV.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan Umum

Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui jarak aman bagi petugas dan pasien di sekitar tempat pemeriksaan terhadap distribusi horizontal *scatter* radiasi yang ditimbulkan akibat paparan

obyek phantom pelvis dengan menggunakan pesawat *mobile X-ray* di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

1.4.2 Tujuan Khusus

- a) Mengidentifikasi pola distribusi horizontal *scatter* radiasi yang ditimbulkan oleh paparan obyek phantom pelvis di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.
- b) Menganalisa tercapainya jarak aman terhadap *scatter* radiasi yang ditimbulkan oleh paparan obyek phantom pelvis di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai pola distribusi horizontal *scatter* radiasi yang ditimbulkan dari pesawat *mobile X-ray* terhadap obyek phantom pelvis di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.
2. Memberikan informasi mengenai jarak aman terhadap *scatter* radiasi yang ditimbulkan dari pesawat *mobile X-ray* pada obyek phantom pelvis di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.
3. Memberikan informasi untuk petugas radiasi dan lingkungan sekitar pemeriksaan dalam bidang medis terhadap *scatter* radiasi yang timbul dalam pemeriksaan radiologi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Sinar-X

Sinar-X ditemukan pertama kali oleh fisikawan berkebangsaan Jerman, Wilhelm Conrad Rontgen pada tanggal 8 November 1895. Pada saat itu, Rontgen bekerja menggunakan tabung Crookes di laboratoriumnya di Universitas Wurzburg. Beliau mengamati nyala hijau pada tabung yang sebelumnya menarik perhatian Crookes. Kemudian Rontgen mencoba menutup tabung tersebut menggunakan kertas hitam dengan harapan agar tidak ada cahaya tampak yang dapat lewat. Namun setelah ditutup masih ada cahaya yang dapat menerobos. Rontgen menyimpulkan bahwa ada sinar-sinar tidak tampak yang mampu menerobos kertas hitam tersebut. Anti-katoda pada tabung Crookes menjadi sumber sinar-X yang pada saat itu belum diketahui mekanisme sebab pembentukannya. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan diketahui bahwa sinar-X terjadi apabila elektron berkecepatan tinggi kemudian gerakannya dihentikan seketika di dalam sebuah tabung yang vakum. Radiasi yang dipancarkan berupa radiasi elektromagnetik transversal seperti cahaya tampak dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek. Jangkauan panjang gelombangnya tidak terdefinisi dengan jelas dan diperkirakan mulai dari panjang gelombang cahaya ungu hingga sinar gamma yang dipancarkan oleh bahan-bahan radioaktif.

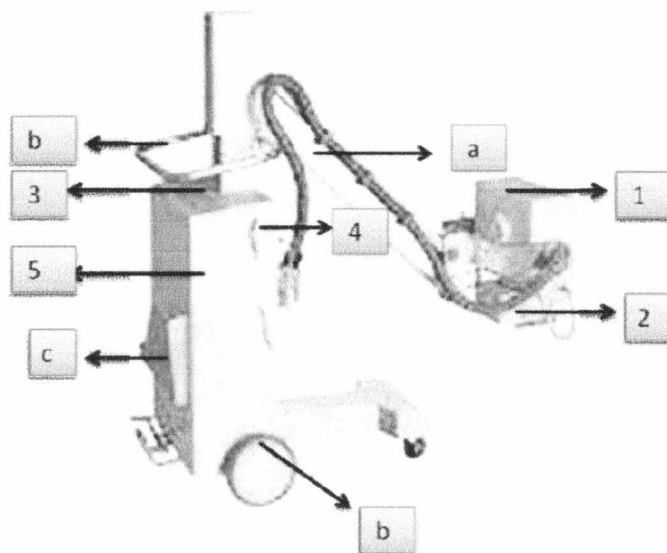
2.2 Pesawat *Mobile X-ray*

Dahulu sinar-X merupakan alat yang tidak bisa dibawa kemana-mana, sehingga untuk melakukan pemeriksaan pasien harus datang ke instalasi radiologi. Namun, semakin berkembangnya alat sinar-X maka dapat diciptakannya pesawat *mobile X-ray*. Pada pemeriksaan sinar-X yang terjadi di ruangan intensif, proteksi radiasi yang ada di dalam ruangan tersebut kurang memadai sehingga diperlukan upaya khusus agar efek negatif dari pemanfaatan radiasi terhadap pasien yang disekitarnya dan juga semua petugas medis yang berada di ruangan tersebut dapat diminimalisir. Bagian-bagian dari pesawat *mobile X-ray* adalah:

a. Pengertian Pesawat *Mobile X-ray*

Pesawat *mobile X-ray* adalah salah satu jenis pesawat sinar-X yang dapat dipindahkan dari ruang pemeriksaan ke ruang lain apabila dibutuhkan.

b. Bagian-bagian Pesawat *Mobile X-ray*



Bagian Utama:

1. Tabung Sinar-X
2. Kolimator
3. Panel Kontrol
4. Handswitch
5. Generator

Bagian Pendukung:

- a. Lengan Penopang
- b. Pegangan pengemudi dan roda
- c. Box kaset

Gambar 2.1 Pesawat *Mobile X-ray*

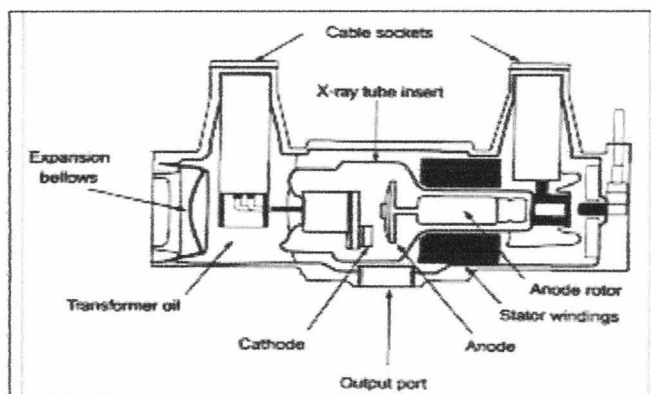
Keterangan gambar:

Bagian Utama

1. Tabung Sinar-X

Pada tabung *mobileX-ray* terdapat komponen-komponen yang tidak berbeda dengan jenis pesawat sinar-X lain, yaitu dua kutub (anoda dan katoda). Anoda mempunyai dua jenis antara lain anoda tetap (*stationary anode*) dan anoda putar (*rotating anode*).

Tabung dalam disebut *insert tube*. *Insert tube* diselimuti tabung luar (*tube housing*). *Tube housing* mempunyai *window* yang berfungsi sebagai tempat keluar radiasi. Rongga diantara *insert tube* dan *tube housing* diisi dengan oli yang berfungsi sebagai pendingin.



Gambar 2.2 Tabung X-ray

2. Kolimator

Terpasang pada jendela tabung yang berfungsi untuk mengarahkan dan membatasi luas lapangan penyinaran agar bisa disesuaikan dengan kebutuhan. Kolimator dilengkapi 2(dua) *knop* yang membuka dan menutup pembatas. Kolimator dilengkapi

dengan lampu kolimasi sebagai representasi luas berkas radiasi yang akan digunakan.

3. Panel Kontrol

Komponen yang berfungsi untuk mengoperasikan pesawat sinar-X. Pada panel control terdapat *kV selector* untuk mengatur tegangan tabung, *mA selector* untuk mengatur arus tabung, dan *timer selector* untuk mengatur lamanya waktu penyinaran serta *focus selector* untuk menentukan besar kecilnya fokus.

4. Handswitch

Merupakan tombol yang digunakan untuk melakukan eksekusi pemotretan sesuai dengan tahapan eksposi.

5. Generator

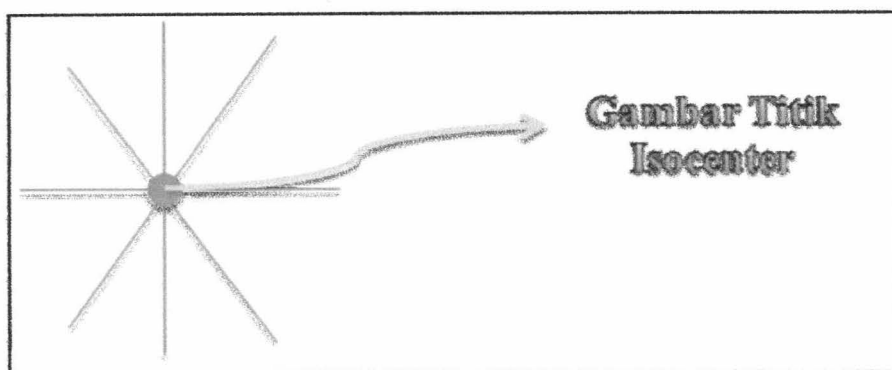
Pesawat sinar-X, mempunyai sejumlah komponen yang menata kembali, mengendalikan dan dapat menyimpan energi listrik sebelum digunakan ke tabung sinar-X. Komponen-komponen tersebut secara kolektif dinyatakan sebagai catu daya atau pembangkit (generator).

Bagian Tambahan

- a. Lengan penopang untuk memudahkan memposisikan tabung
- b. Pegangan pengemudi dan roda untuk memudahkan radiografer saat memindahkan pesawat dari ruang satu ke ruang lain
- c. Box kaset untuk meletakkan kaset.

2.3 Isocenter

Isocenter adalah titik dalam ruang dimana berjarak sama terhadap fokus (sumber radiasi). Representasinya dalam bentuk istilah adalah FID (*Focus Isocenter Distance*). Dalam kamus radiologi, *isocenter* merupakan titik yang ditandai diatas objek untuk memungkinkan ketepatan ketika terjadi reposisi objek.



Gambar 2.3 Titik *Isocenter*

2.4 Scatter

Ketika radiasi sinar-X primer mengenai obyek maka radiasi tersebut sebagian akan diserap dan sebagian radiasi akan diteruskan namun tidak searah dengan radiasi sinar-X primer, radiasi ini disebut juga sebagai radiasi sekunder (*secondary radiation*). Beberapa literatur menyebut sebagai radiasi hambur (*scatter radiation*). Radiasi inilah yang berbahaya bagi keadaan sekitar, karena dapat mengakibatkan kekaburan pada gambar radiografi sehingga dapat mengganggu citra gambar. Apabila terserap oleh tubuh pasien ataupun petugas disekitar selama beberapa kali maka akan menyebabkan efek dalam jangka waktu tertentu.

2.5 Teori Interaksi Radiasi dengan Bahan

Ketika terdapat sinar-X yang diserap oleh beberapa bahan (padat, cair dan gas) akan mengakibatkan interaksi foton pada sebuah inti atom. Pada interaksi foton tersebut menyebabkan tiga kemungkinan yang dapat terjadi: (1) sinar-X seolah-olah menumbuk salah satu elektron dan memberikan seluruh energinya sehingga elektron terlepas dari lintasannya. (2) sinar-X seolah-olah menumbuk salah satu elektron kemudian terhambur kearah yang lain, yang sebagian energinya diberikan elektron sehingga terlepas dari lintasan dan sisanya dibawa oleh sinar-X hamburan. (3) sinar-X berhasil mendekati inti atom yang akan lenyap dan berubah menjadi sepasang elektron-positron karena energi sinar-X lebih besar dari 1,02 MeV.

Berikut penjelasan tentang interaksi materi dengan bahan yang meliputi efek fotolistrik, hamburan Compton, dan produksi pasangan:

2.5.1 Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik adalah interaksi antara foton dengan sebuah elektron yang terikat kuat dalam atom yaitu elektron pada kulit bagian dalam suatu atom, biasanya kulit K atau L. Foton akan menumbuk elektron tersebut dan karena elektron itu terikat kuat maka elektron akan menyerap seluruh tenaga foton. Sebagai akibatnya elektron akan dipancarkan keluar dari atom dengan tenaga gerak sebesar selisih tenaga foton dan tenaga ikat elektron (Knoll,2000), maka dapat disimpulkan dalam bentuk rumus sebagai berikut:

$$E_k = h\nu - E_b$$

Dengan keterangan:

E : energi foton (eV),

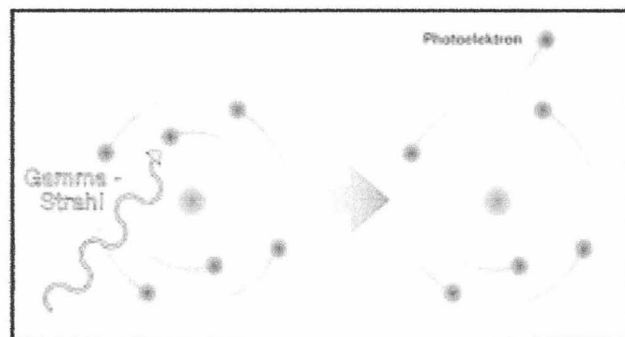
E_k : energi kinetik elektron (eV),

E_b : energi ikat elektron (eV),

h : konstanta Planck ($6,63 \times 10^{-34}$) dan

ν : frekuensi gelombang elektromagnetik yang diserap atau yang dipancarkan elektron (Hz).

Efek fotolistrik secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut:

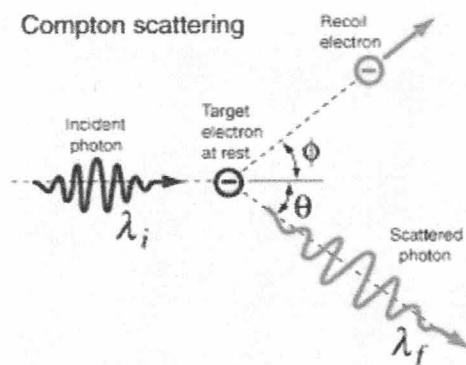


Gambar 2.4 Mekanisme Terjadinya Efek Fotolistrik

2.5.2 Hamburan Compton

Hamburan Compton terjadi antara foton dan sebuah elektron bebas yang terdapat pada kulit terluar sebuah atom. Apabila foton menumbuk elektron tersebut maka berdasarkan hukum kekekalan momentum tidak mungkin elektron akan dapat menyerap seluruh energi foton seperti pada efek fotolistrik. Foton akan menyerahkan

sebagian energinya kepada elektron dan kemudian terhambur sebesar sudut terhadap arah gerak foton datang yang digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.5 Mekanisme Terjadinya Hamburan Compton

Besar panjang gelombang (λ_f) yang terhambur dapat dihitung dengan rumus:

$$\lambda_f - \lambda_i = [h/m_e c^2][1 - \cos\theta]$$

Dengan keterangan:

λ_f : panjang gelombang datang

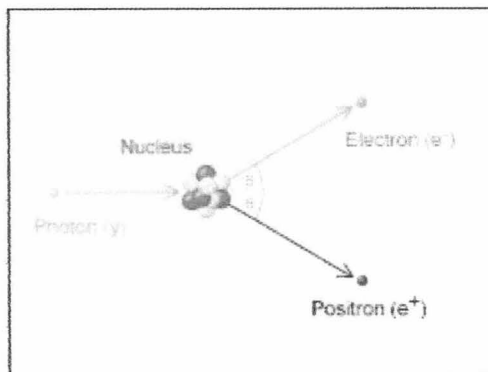
λ_i : panjang gelombang pergi

$h/m_e c$: panjang gelombang compton sebesar $0,0234\text{\AA}$ (gautreau & savin, 1999). Perubahan panjang gelombang ini bergantung hanya pada sudut hamburan θ dan tidak bergantung pada energi foton datang.

2.5.3 Produksi pasangan

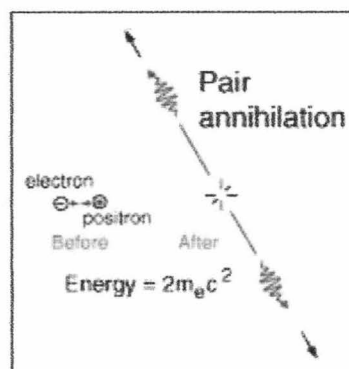
Produksi pasangan terjadi karena interaksi antara foton dengan medan listrik dalam inti atom berat. Jika interaksi itu terjadi, maka

foton akan lenyap dan sebagai gantinya akan timbul sepasang elektron-positron.



Gambar 2.6 Proses Terjadinya Produksi Pasangan

Ketika muatan suatu sistem bernilai awal nol, maka dua partikel yang berlawanan muatannya harus diciptakan guna mengkonversi muatan. Untuk menggabungkan sebuah pasangan, foton datang harus memiliki energi yang setidaknya setara dengan energi diam pasangan tersebut, dan setiap kelebihan energi foton akan muncul sebagai energi kinetik partikel.



Gambar 2.7 Proses Terjadinya Pemisahan Pasangan

Peristiwa pemisahan pasangan terjadi bila positron berdekatan dengan elektron dan keduanya saling mendekati di bawah pengaruh

gaya tarik menarik dari muatan yang berlawanan. Kedua partikel tersebut musnah pada saat yang sama dan massa yang musnah tersebut menjadi energi dan foton sinar gamma yang tercipta (Beiser, 1990).

Sedikitnya dua foton harus dihasilkan untuk memenuhi kekekalan energi dan momentum. Adapun persamaan yang dapat diperoleh sebagai berikut:

$$E_{awal} = E_{akhir} \text{ atau } 2m_0c^2 + K_+ + K_- = h\nu_1 + h\nu_2$$

$$p_{awal} = p_{akhir} \text{ atau } m_+v_+ + m_-v_- = (h/2\pi)k_1 + (h/2\pi)k_2$$

Dengan keterangan:

k : vektor perambatan foton, $|k|=2\pi/\lambda$.

Berlawanan dengan produksi pasangan, ternyata pemisahan pasangan dapat dilakukan di ruang hampa dan prinsip-prinsip energi dan momentum dapat diterapkan. (Gautreau & Savin, 1999)

2.6 Sistem Pembatasan Dosis

Nilai Batas Dosis (NBD) atau *Maximum Permeasible Dose* (MPD) adalah sejumlah nilai dosis radiasi yang menurut ilmu pengetahuan saat ini tidak menimbulkan efek yang berarti. Pembatasan dosis wajib diberlakukan untuk paparan kerja dan paparan masyarakat melalui penerapan NBD tersebut yang ditetapkan oleh Bapeten dan tidak boleh dilampaui, kecuali dalam kondisi khusus. Pembatasan dosis tidak berlaku untuk paparan medik dan paparan yang berasal dari alam. NBD yang ditetapkan dalam Peraturan

pemerintah No. 33 Tahun 2007 adalah dosis terbesar yang diizinkan oleh Bapeten yang dapat diterima oleh pekerja radiasi dan anggota masyarakat dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek genetik dan somatik yang berarti akibat pemanfaatan penyinaran tenaga nuklir. NBD yang ditetapkan meliputi penyinaran seluruh tubuh dan penyinaran terhadap organ atau jaringan tubuh tertentu. Sesuai dengan standar internasional yang sudah mulai diberlakukan, angka NBD untuk penyinaran seluruh tubuh sebesar 20 mSv per tahun. (Basic Safety Standard, safety series IAEA No.115 Tahun 1995)

Berdasarkan Perka Bapeten Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, beberapa pasal mengatur tentang Nilai Batas Dosis (NBD) yaitu pasal 31, pasal 36, dan pasal 37. Berikut ini adalah penjabaran dari pasal –pasal tersebut:

Pasal 31: Nilai Batas Dosis untuk Pekerja Radiasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 30 ayat (3) huruf a, tidak boleh melampaui:

- a. Dosis efektif sebesar 20 mSv(dua puluh milisievert) pertahun rata-rata selama 5(lima) tahun berturut-turut;
- b. Dosis efektif sebesar 50 mSv(lima puluh milisievert) dalam 1(satu) tahun tertentu;
- c. Dosis ekuivalen untuk lensa mata sebesar 150 mSv(seratus lima puluh milisievert) dalam 1(satu) tahun; dan
- d. Dosis ekuivalen untuk tangan dan kaki, atau kulit sebesar 500 mSv (limaratus milisievert) dalam 1(satu) tahun.

Pasal 36:

- 1) Penerapan optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi harus diupayakan agar pekerja radiasi di Instalasi Radiologi dan anggota masyarakat di sekitar Instalasi Radiologi menerima paparan radiasi serendah mungkin yang dapat dicapai.
- 2) Penerapan optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi harus diupayakan agar pasien menerima dosis radiasi serendah mungkin sesuai dengan yang diperlukan untuk mencapai tujuan diagnostik.
- 3) Penerapan optimisasi sebagaimana dimaksud pada ayat(1) dan ayat (2) dilaksanakan melalui prinsip optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi yang meliputi:
 - a. pembatas Dosis untuk Pekerja Radiasi dan anggota masyarakat; dan
 - b. tingkat panduan Paparan Medik untuk pasien.

Pasal 37: Pembatas Dosis sebagaimana dimaksud pada Pasal 36 ayat(3) huruf a ditentukan oleh Pemegang Izin pada tahap desain bangunan fasilitas, dan nilainya ditetapkan:

- a. $1/2$ (satu per dua) dari Nilai Batas Dosis per tahun untuk Pekerja Radiasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 31huruf a, yaitu sebesar 10 mSv (sepuluh mili sievert) pertahun atau 0,2 mSv (nol koma dua milisievert) per minggu; dan
- b. $1/2$ (satu per dua) dari Nilai Batas Dosis per tahun untuk anggota masyarakat sebagaimana dimaksud dalam Pasal32

huruf a, yaitu sebesar 0,5 mSv (nol koma limamili sievert) per tahun atau 0,01 mSv (nol koma nol satumili sievert) per minggu.

2.7 Efek Radiasi yang Timbul

Sifat radiasi sekunder atau yang biasanya disebut dengan *scatter* radiasi yaitu mempunyai energi yang lebih rendah dari radiasi primer dan berpendar ke segala arah. Sifat tersebut berpotensi menimbulkan beberapa efek yang merugikan manusia. Macam efek radiasi dibedakan menjadi efek genetik dan efek somatik. Efek genetik adalah efek yang timbul pada keturunan dari individu yang terkena radiasi. Efek somatik adalah efek radiasi yang timbul pada individu yang terpapar. Waktu yang dibutuhkan sampai terlihatnya gejala efek somatik sangat bervariasi sehingga dapat dibedakan atas efek langsung dan efek tak langsung. Efek langsung adalah kerusakan yang langsung terlihat pada individu dalam waktu singkat setelah terpapar radiasi, seperti: kebutakan, katarak, dan kulit terbakar. Sedangkan efek tak langsung terlihat dalam waktu yang lama (bulanan atau tahunan) setelah terpapar radiasi, seperti: kanker dan leukemia.

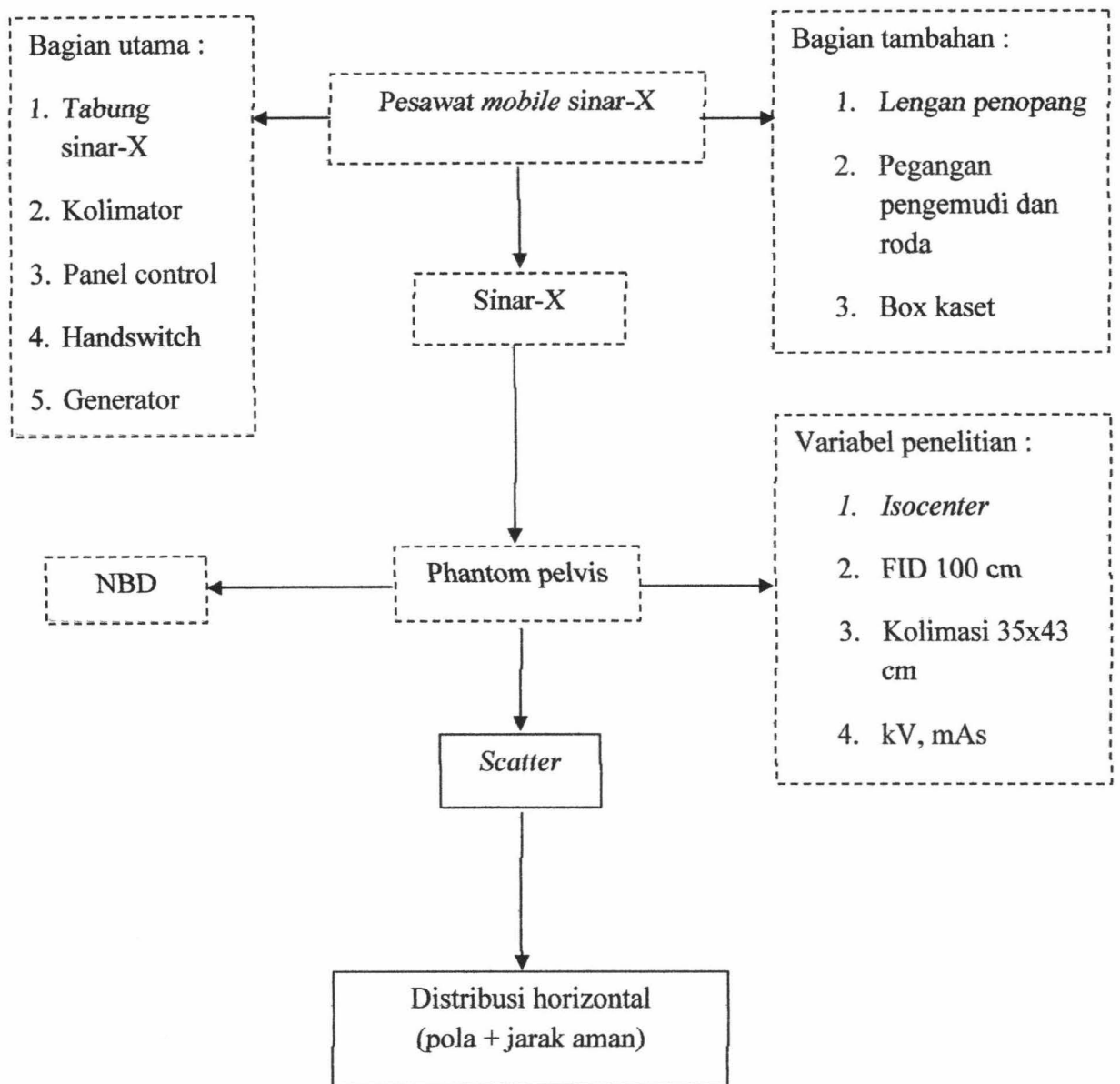
Bila ditinjau dari probabilitas timbulnya efek maka untuk kepentingan proteksi radiasi, efek radiasi dibedakan atas efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik disebut juga efek yang pasti timbul adalah efek yang disebabkan karena kematian sel akibat paparan radiasi, efek ini timbul bila dosis yang diterima melebihi dosis ambang. Ciri-ciri efek deterministik adalah memiliki dosis ambang, tingkat keparahan tergantung dosis, terjadi hanya pada individu terpapar, penyembuhan spontan tergantung dosis.

Sedangkan efek stokastik atau efek yang tidak pasti adalah efek yang terjadi sebagai akibat paparan radiasi dengan dosis rendah yang menyebabkan terjadinya perubahan pada susunan kimia sel. Ciri-ciri efek stokastik adalah tidak memiliki dosis ambang, bersifat random, peluang terjadi sebanding dengan dosis tapi tidak mempengaruhi keparahan, dapat terjadi pada individu terpapar dan turunannya, tidak ada penyembuhan secara spontan.

BAB III

KERANGKA KONSEPTUAL

3.1 Kerangka Konseptual



3.2 Keterangan Kerangka Konseptual

Penelitian ini menggunakan pesawat *mobile X-ray* yang terdiri dari bagian utam dan bagian pendukung. Pesawat *mobile X-ray* menghasilkan sinar-X yang menumbuk phantom pelvis, sehingga phantom pelvis tersebut menjadi sumber radiasi sekunder dan menghasilkan *scatter*. Pada penelitian ini, *scatter* berperan penting karena sebagai pokok penelitian dengan tujuan memperoleh pola distribusi horizontal paparan dan mengetahui jarak aman yang dibatasi oleh NBD dan variabel penelitiannya meliputi *Isocenter*, FID 100cm, kolimasi 35x43cm, kV, mAs.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Desain Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif observasional karena penulis meneliti besar distribusi horizontal *scatter* radiasi terhadap kondisi disekitar pemeriksaan.

4.2 Sampel Penelitian

Peneliti menggunakan sampel penelitian yang berupa obyek phantom pelvis standart yang didesain mempunyai densitas sama seperti dengan tubuh manusia.

4.3 Variabel Penelitian

4.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang jika berubah akan mengakibatkan perubahan pada variabel lainnya. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah jarak 1 meter, FID (*Focus Isocenter Distance*) 100 cm, kolimasi 35x43cm, densitas (ketebalan dari obyek) dan faktor eksposi yang meliputi kV, mAs.

4.3.2 Variabel Moderator

Variabel moderator adalah variabel sebab yang penting tapi tidak diutamakan. Peneliti menggunakan besar sudut kuadran (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°) dalam penelitian ini.

4.3.3 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang akan berubah berdasarkan variabel bebas yang digunakan. Untuk penelitian ini variabel terikatnya yaitu *scatter* (sinar hambur). Besar *scatter* inilah yang akan menggambarkan area distribusi horizontal.

4.4 Definisi Operasional

1. *Focus Isocenter Distance* (FID) adalah jarak dari titik fokus yang berada pada tabung sinar-X ke titik *isocenter*.
2. *Isocenter* adalah titik dalam ruang yang berjarak sama terhadap fokus (sumber radiasi).
3. Kolimasi merupakan jendela tabung yang berfungsi untuk mengarahkan dan membatasi luas lapangan penyinaran agar bisa disesuaikan dengan kebutuhan.
4. Tegangan listrik (kV) adalah satuan beda potensial yang diberikan antara katoda dan anoda didalam tabung. Tegangan listrik (kV) yang optimal mampu menghasilkan detail obyek tampak jelas.
5. Arus dan waktu (mAs) adalah perkalian arus listrik (mA) dan waktu exposi (s), yang mana besaran arus ini menentukan kuantitas radiasi.
6. Phantom pelvis merupakan sebuah obyek yang terbuat dari akrilik dibentuk menyerupai organ tubuh manusia yaitu pelvis yang didesain mempunyai densitas sama seperti dengan tubuh manusia.

4.5 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di ruang D8 unit Radiologi Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

4.6 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama dua hari, terhitung tanggal 4 - 5 Desember 2013 pukul 15.00 - 17.00 WIB.

4.7 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, menyelidiki suatu masalah atau mengumpulkan, mengolah, menganalisa dan menyajikan data-data secara sistematis. Jenis instrumen yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- **Pengamatan (Observasi)**

Pada penelitian ini, peneliti mengadakan pengamatan terhadap *scatter* radiasi yang dihasilkan oleh pesawat *mobile X-ray* secara langsung dengan cara mengukur laju paparan radiasi dengan menggunakan *surveymeter*.

4.8 Prosedur Pengumpulan Data

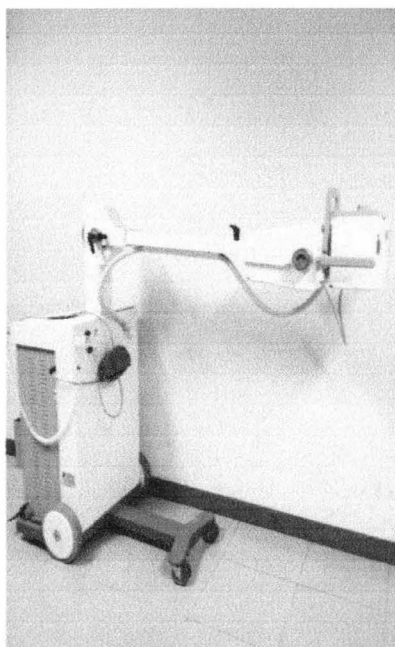
Teknik pengumpulan data merupakan cara peneliti untuk mengumpulkan data dalam penelitian. Pengumpulan data dilakukan di Gedung Pusat Diagnostik Terpadu RSUD Dr. Soetomo Surabaya. Teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan tes, observasi (pengamatan), dan wawancara.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini berupa observasi (pengamatan) secara langsung di lapangan. Peneliti

memiliki struktur dan batasan dalam melakukan penelitian sehingga lebih terarah. Penelitian dilakukan dengan menentukan *isocenter*, jarak pengukuran dosis radiasi, FID (*Focus Isocenter Distance*), kolimasi dan titik sudut kelipatan 45° disetiap kuadran. Penelitian ini menggunakan kondisi standar eksposi untuk pemeriksaan pelvis. Selanjutnya, dilakukan eksekusi pemotretan disetiap titik yang telah ditentukan untuk mengetahui besar laju paparan radiasi dari hasil ukur yang ditunjukkan oleh surveymeter. Sehingga dapat diketahui pola distribusi horizontal *scatter* dimana berguna dalam penentuan area aman terhadap *scatter* bagi radiografer, paramedis lain, dan keluarga pasien pada waktu pemeriksaan berlangsung.

4.9 Alat dan Bahan

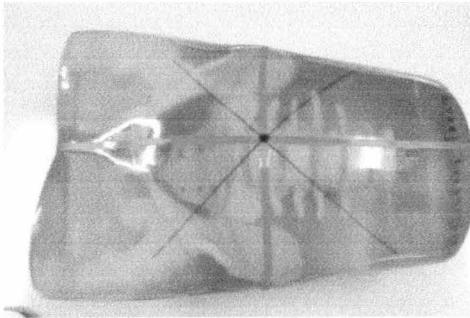
a. Pesawat *mobile X-ray*



Gambar 4.1 Pesawat *mobile X-ray*GE

Merk	: GE
Tabung	: Ralco
Series	: R 221/A
DHHS	
Model	: R 221/A
Tank unit	: MHF 2030
Serial Number	: 01/13-05123
X-ray tube	: X22
Serial Number	: 13NO32
kVp max	: 125
mA max	: 300

b. Phantom pelvis



Gambar 4.2 Phantom Pelvis

Merk: Diagnostic Imaging Products

3M

No Seri: 34-7002-0826-6

c. Surveymeter



Gambar 4.3 Surveymeter

Nama / Jenis Alat: Surveymeter

Gamma Pabrik / *Manufacturer:*

Thermo Electron Corporation

Tipe & No Seri: Mini Com 1000 C

Sn.149

Hasil kalibrasi

Kalibrasi dilakukan tanggal 11 Maret

2014

Rentang / Skala : cps

Faktor Kalibrasi : 0,032

(mR/h) / (cps)

Ketidakpastian : 17 %

d. Gunting

e. Waterpass

f. Meteran

g. Solasi

h. Pita

4.10 Langkah Pengukuran Laju Paparan

1. Mengukur dosis pada titik A yang berjarak 100 cm dari *isocenter*. Titik A menggunakan sudut 0 derajat. Titik A merupakan titik acuan untuk mengukur semua sudut pada titik B, C, D, E, F, G dan H. Pada titik A tersebut diletakkan surveymeter yang sejajar dengan *isocenter*.
2. Selanjutnya pengukuran tersebut dilakukan di titik B, C, D, E, F, G dan H.
3. Mengukur dosis pada titik B dengan jarak 100 cm terhadap *isocenter*. Titik B menggunakan sudut 45 derajat terhadap titik A sebagai acuan. Pada titik B tersebut letakkan surveymeter yang sebidang dengan *isocenter* dari titik A.
4. Mengukur dosis pada titik C dengan jarak 100 cm terhadap *isocenter*. Titik C menggunakan sudut 90 derajat terhadap titik A sebagai acuan. Pada titik C tersebut letakkan surveymeter yang sebidang dengan *isocenter*.
5. Mengukur dosis pada titik D dengan jarak 100 cm terhadap *isocenter*. Titik D menggunakan sudut 135 derajat terhadap titik A sebagai acuan. Pada titik D tersebut letakkan surveymeter yang sebidang dengan *isocenter*.
6. Mengukur dosis pada titik E dengan jarak 100 cm terhadap *isocenter*. Titik E menggunakan sudut 180 derajat terhadap titik A sebagai acuan. Pada titik E tersebut letakkan surveymeter yang sebidang dengan *isocenter*.

7. Mengukur dosis pada titik F dengan jarak 100 cm terhadap *isocenter*. Titik F menggunakan sudut 225 derajat terhadap titik A sebagai acuan. Pada titik F letakkan surveymeter yang sebidang dengan *isocenter*.
8. Mengukur dosis pada titik G dengan jarak 100 cm terhadap *isocenter*. Titik G menggunakan sudut 270 derajat terhadap titik A sebagai acuan. Pada titik G letakkan surveymeter yang sebidang dengan *isocenter*.
9. Mengukur dosis pada titik H dengan jarak 100 cm terhadap *isocenter*. Titik H menggunakan sudut 315 derajat terhadap titik A sebagai acuan. Pada titik H letakkan surveymeter yang sebidang dengan *isocenter*.
10. Menetapkan besarnya dosis dari setiap titik ukur yang berjarak 1 meter.
11. Melakukan perhitungan untuk menentukan pada jarak berapa dari *isocenter* yang memiliki tingkat paparan sama dengan titik A. Masing-masing dikodifikasi dengan B', C', D', E', F', G' dan H'.
12. Dilakukan tabulasi atas hasil ukur pada titik A, B, C, D, E, F, G dan H.
13. Titik A, B', C', D', E', F', G' dan H' dihubungkan sehingga terbentuk pola paparan radiasi scatter dengan jarak yang sama (100 cm) dari *isocenter*.
14. Dilakukan perhitungan di titik A, B', C', D', E', F', G' dan H' untuk menetapkan pada jarak berapa tingkat paparan radiasi yang aman $\leq 0,005$ mSv/jam dengan menggunakan rumus kuadrat jarak terbalik (*Inverse Square Law*).

Rumus kuadrat jarak terbalik (*Inverse Square Law*):

$$d_1 \cdot r_1^2 = d_2 \cdot r_2^2$$

Keterangan rumus:

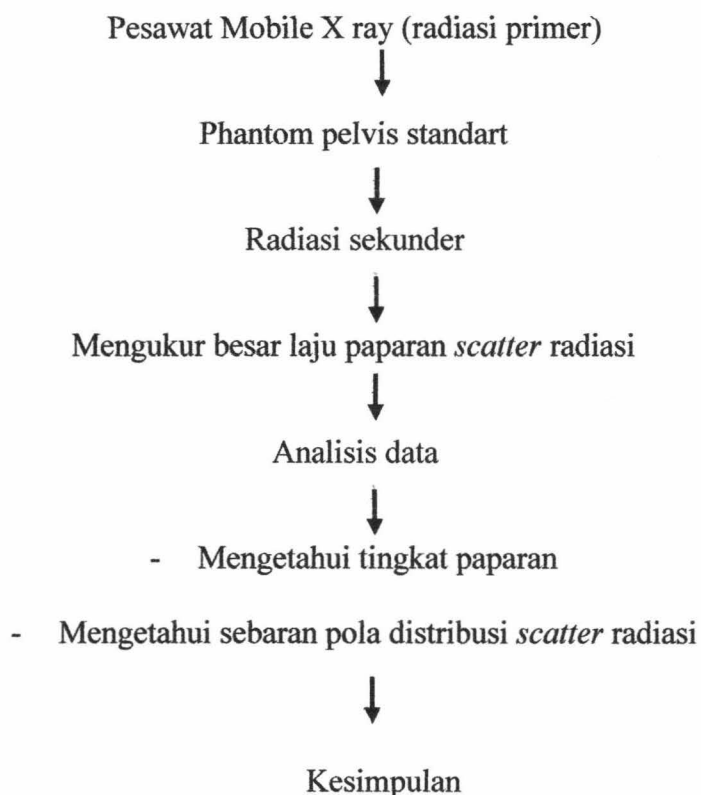
d_1 = laju paparan pada jarak r_1 ;

d_2 = laju paparan pada jarak r_2 ;

r_1 = jarak mula-mula;

r_2 = jarak pada kondisi ke 2

4.11 Kerangka Operasional Penelitian



4.12 Analisis Data

Dari hasil pengumpulan data, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data menggunakan *inverse square law*.

4.13 Anggaran Dana

Yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

No.	Jenis Barang	Harga
1.	Kertas A4 80 mg 1 Rim	Rp. 50.000,-
2.	Print	Rp. 100.000,-
3.	Penjilidan dan Penggandaan	Rp. 250.000,-
4.	Biaya lain-lain	Rp. 200.000,-
Jumlah		Rp. 600.000,-

4.14 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian yang telah ditentukan oleh peneliti:

Kegiatan	Okt '13	Nov'13	Des'13	Jan'14	Feb'14	Mar '14	April '14	Mei '14
Pembuatan Proposal	■							
Studi Pustaka	■							
Konsultasi Dosen Pembimbing	■							
Penelitian dan Pengumpulan Data				■				
Penyusunan Laporan				■				

BAB V

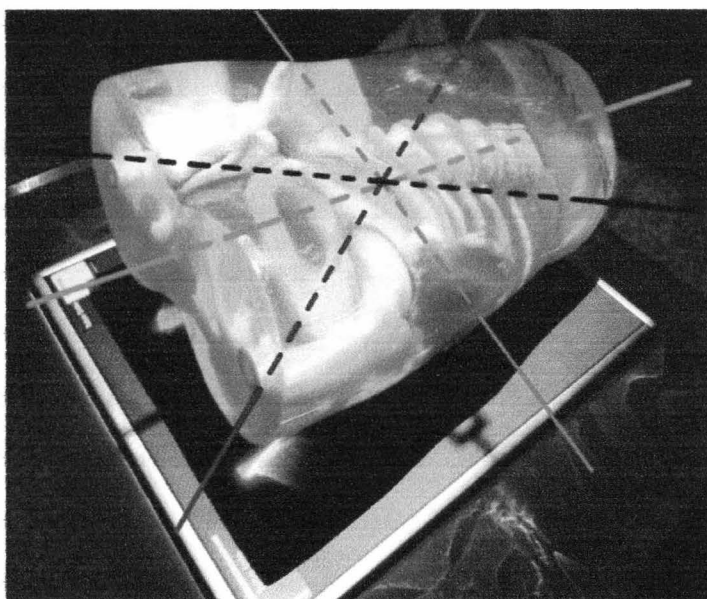
HASIL PENELITIAN

5.1 Pengantar Bab

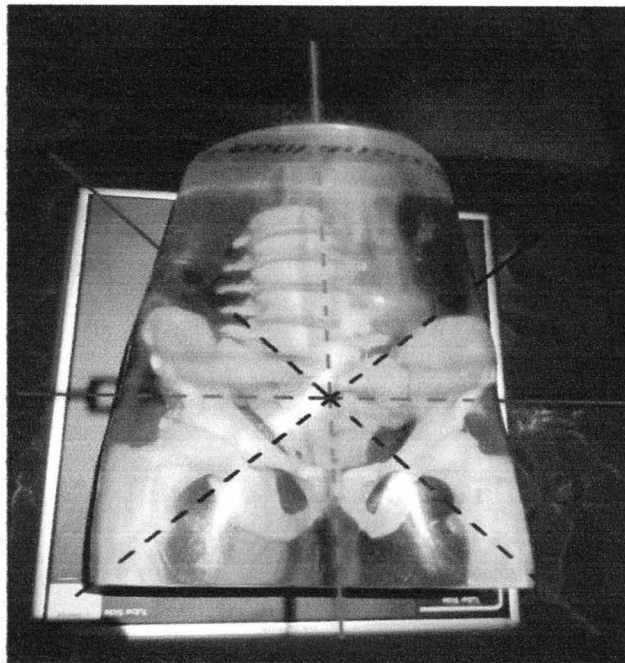
Pada bab ini akan diuraikan hasil penelitian deskriptif observasional berkaitan dengan pola distribusi scatter dan jarak aman yang diperoleh.

5.2 Karakteristik Sampel

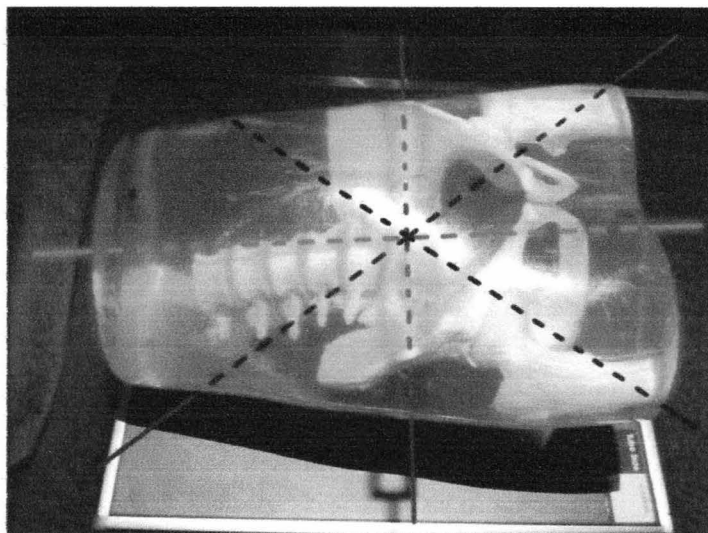
Obyek yang digunakan berupa phantom pelvis yang telah diberi tanda letak *isocenter*. Phantom tersebut diletakkan di atas meja pemeriksaan dengan FID dan jarak *isocenter* ke titik ukur sebesar 100 cm serta menggunakan kolimasi 35x43 cm.



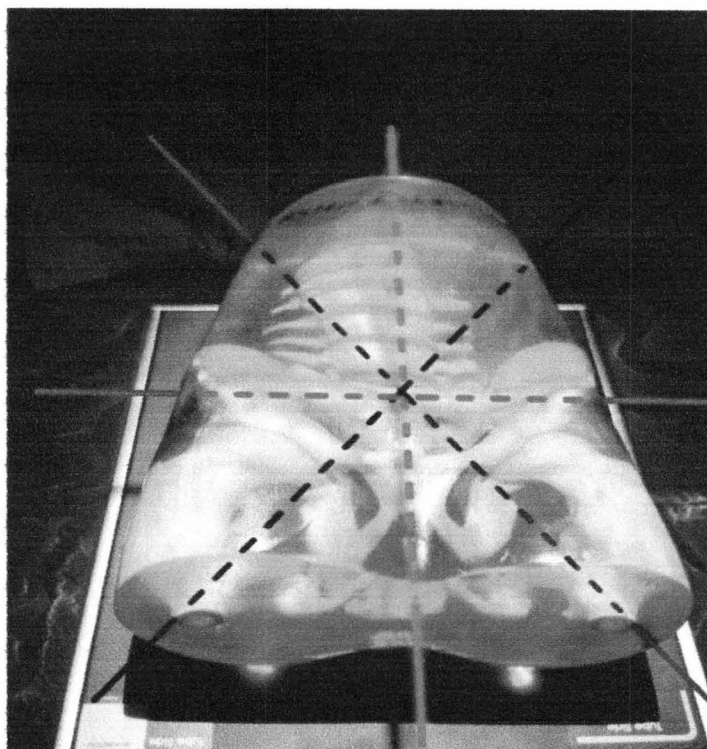
Gambar 5.1 Titik *Isocenter* pada Phantom



Gambar 5.2 Titik *Isocenter* dari Penampang Atas



Gambar 5.3 Titik *Isocenter* dari Penampang Samping



Gambar 5.4 Titik *Isocenter* dari Penampung Bawah

5.3 Hasil Penelitian

Berikut hasil pengukuran tingkat paparan radiasi dengan menggunakan surveymeter dan jarak yang diperoleh berdasarkan rumus *inverse square law*:

TITIK	BESAR SUDUT	PENGUKURAN 1	PENGUKURAN 2	PENGUKURAN 3	RATA-RATA
A	0°	100	80	80	86.67
B	45°	100	90	90	93.33
C	90°	100	90	100	96.67
D	135°	80	80	100	86.67
E	180°	90	80	100	90
F	225°	70	70	100	80
G	270°	100	70	80	83.33
H	315°	70	70	90	76.67

Tabel 5.1 Dosis Rata-rata (cps)

TITIK	RATA-RATA (cps)	RADIASI BACKGROUND	FAKTOR KALIBRASI	SCATTER
A	86.67	2	0.032	2.7
B	93.33	2	0.032	2.92
C	96.67	2	0.032	3.02
D	86.67	2	0.032	2.7
E	90	2	0.032	2.82
F	80	2	0.032	2.5
G	83.33	2	0.032	2.6
H	76.67	2	0.032	2.38

Tabel 5.2 Laju Paparan (mR/jam)

Dari rumus $d_1 \cdot r_1^2 = d_2 \cdot r_2^2$ diperoleh hasil dalam tabel berikut:

TITIK	d1	r1	d2	r2
A	0.027	1	0.005	2.32
B	0.0292	1	0.005	2.42
C	0.0302	1	0.005	2.45
D	0.027	1	0.005	2.32
E	0.0282	1	0.005	2.37
F	0.025	1	0.005	2.23
G	0.026	1	0.005	2.28
H	0.0238	1	0.005	2.18

Tabel 5.3 Jarak Aman (meter)

BABVI

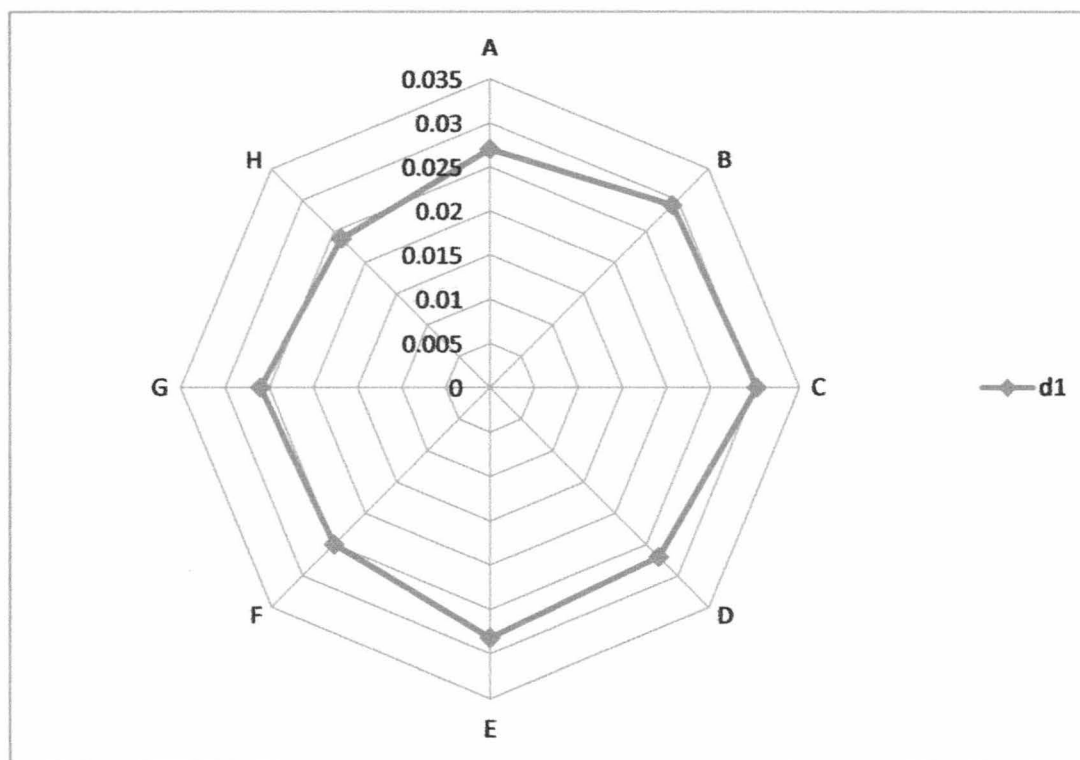
PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tanggal 4 - 5 Desember 2013 di GPDT RSUD DR. Soetomo Surabaya, pengukuran laju dosis paparan radiasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur di setiap kuadran kelipatan 45° dengan jarak, FID, kV dan mAs yang sama. Pengukuran ini menggunakan surveymeter dan diulangi sebanyak tiga kali di setiap titiknya. Pengulangan ini dilakukan karena radiasi sinar-X bersifat random atau tidak tetap nilainya. Alat yang digunakan yaitu surveymeter tipe minicon 1000.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai dosis paparan pada masing-masing sudut di setiap kuadran. Dari nilai paparan tersebut dapat dihitung dosis rata-rata di setiap sudut. Pada sudut 0° diperoleh rata-rata 86,67 cps; sudut 45° sebesar 93,33 cps; sudut 90° sebesar 96,67 cps; sudut 135° sebesar 86,67 cps; sudut 180° sebesar 90 cps; sudut 225° sebesar 80 cps; sudut 270° sebesar 83,33 cps; sudut 315° sebesar 76,67 cps.

Dari dosis rata-rata yang diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus (dosis rata-rata - dosis radiasi background) x faktor kalibrasi yang sudah tertera di sertifikat kalibrasi sehingga didapatkan dosis scatter; dengan radiasi background sebesar 2 mR dan faktor kalibrasi sebesar 0,032 (mR/jam)/(cps). Laju paparan radiasi di titik A diperoleh sebesar 2,7 mR/jam; titik B sebesar 2,92 mR/jam; titik C sebesar 3,02 mR/jam; titik D sebesar 2,7 mR/jam; titik E sebesar 2,82 mR/jam; titik F sebesar 2,5 mR/jam; titik G sebesar 2,6 mR/jam; titik H sebesar 2,38 mR/jam.

Dari data-data yang diperoleh, dapat diketahui pola distribusi horizontal scatter dengan menarik garis dari setiap titik. Berikut bentuk pola paparan dengan jarak sama sebesar 100cm dan memberikan tingkat paparan yang berbeda:



Gambar 6.1 Pola distribusi horizontal *scatter* radiasi (jarak 100 cm dari *isocenter*)

Dari pola tersebut ternyata menunjukkan pada jarak yang sama (100 cm) didapatkan tingkat paparan laju dosis yang berbeda, kecenderungannya pada titik A, B, C, D lebih tinggi dari titik G dan H.

Setelah diketahui tingkat paparan *scatter* radiasi, selanjutnya ditetapkan jarak aman dengan menggunakan rumus hukum kuadrat terbalik (*inverse square law*). Berdasarkan Perka Bapetten No 8 tahun 2011, nilai batas dosis untuk pekerja radiasi adalah 0,005 mSv/jam.

Besar laju paparan radiasi pada setiap sudutnya dimasukkan ke dalam rumus *inverse square law* dengan $d1$ = laju paparan radiasi, $r1$ = jarak pengukuran

1 meter, d_2 = dosis aman sebesar 0,005 mSv/jam (sesuai dengan perka Bapeten nomor 8 tahun 2011) sehingga dapat diperoleh nilai r_2 = jarak aman. Berikut perhitungan dari titik A sampai H menggunakan hasil dari data tabel 5.2 dan hasil perhitungannya terlampir pada tabel 5.3.

Rumus $\Rightarrow d_1 \cdot I^2 = d_2 \cdot r_2^2$

$$r_2^2 = d_1 \cdot I / d_2$$

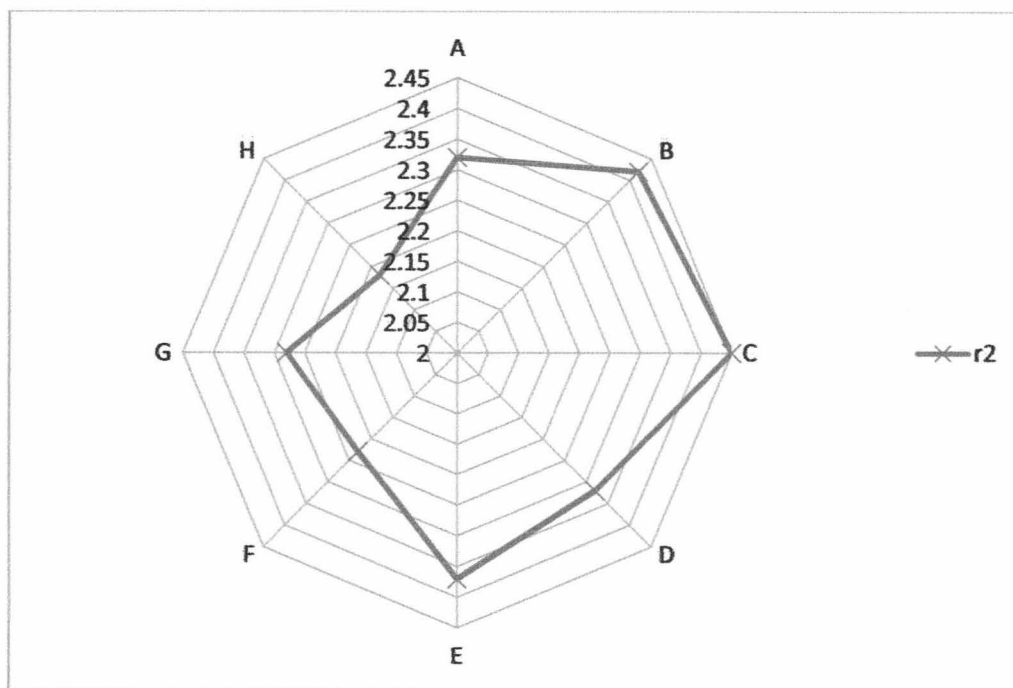
$$r_2 = \sqrt{d_1 \cdot I / d_2}$$

Hitungan:

- a) Titik A : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot I / d_2}$
 $= \sqrt{0,027 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{5,4}$
 $= 2,32 \text{ m}$
- b) Titik B : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot I / d_2}$
 $= \sqrt{0,0292 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{5,84}$
 $= 2,42 \text{ m}$
- c) Titik C : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot I / d_2}$
 $= \sqrt{0,0302 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{6,04}$
 $= 2,45 \text{ m}$
- d) Titik D : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot I / d_2}$
 $= \sqrt{0,027 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{5,4}$
 $= 2,32 \text{ m}$
- e) Titik E : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot I / d_2}$
 $= \sqrt{0,0282 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{5,64}$
 $= 2,37 \text{ m}$

- f) Titik F : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot 1 / d_2}$
 $= \sqrt{0,025 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{5}$
 $= 2,23 \text{ m}$
- g) Titik G : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot 1 / d_2}$
 $= \sqrt{0,026 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{5,2}$
 $= 2,28 \text{ m}$
- h) Titik H : $r_2 = \sqrt{d_1 \cdot 1 / d_2}$
 $= \sqrt{0,0238 \text{ mSv} \cdot 1 / 0,005 \text{ mSv}} = \sqrt{4,76}$
 $= 2,18 \text{ m}$

Dari perhitungan tersebut dapat diperoleh pola dengan jarak aman dimana laju dosis scatter radiasi $\leq 0,005 \text{ mSv/jam}$. Berikut bentuk pola jarak aman:



Gambar 6.2 Pola jarak aman (meter)

Pola di atas menunjukkan bahwa pada titik B, C, E membutuhkan jarak yang lebih panjang untuk mendapatkan tingkat paparan $\leq 0,005 \text{ mSv/jam}$,

sedangkan pada titik A, D, F, G, H membutuhkan jarak yang lebih pendek untuk mendapatkan tingkat paparan $\leq 0,005$ mSv/jam.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Pada jarak yang sama dari *isocenter* didapatkan tingkat paparan *scatter* radiasi yang berbeda.
2. Telah didapatkan pola distribusi seperti yang ada pada pola distribusi horizontal *scatter* radiasi dari phantom pelvis yang diekspose dengan kondisi kV 80, mAs 8,0 dari pesawat mobile unit di GPDT RSU DR.Soetomo Surabaya. (Gambar 6.1)
3. Tingkat paparan *scatter* radiasi yang aman (0,005mSv/jam) berada pada jarak paling jauh ± 3 meter dari *isocenter* arah horizontal.
4. Telah didapatkan pola jarak aman dari *isocenter* dengan kondisi kV 80, mAs 8,0 dari pesawat mobile unit di GPDT RSU DR.Soetomo Surabaya, dimana tingkat paparan radiasinya 0,005 mSv/jam seperti yang ada padapola jarak aman. (Gambar 6.2)
5. Penelitian ini menggunakan phantom pelvis dengan kondisi pemotretan 80 kV dan 8 mAs (sesuai data kondisi pelvis pada alat) dimana diasumsikan memberikan tingkat *scatter* radiasi yang maksimum. Dengan demikian jika dengan kondisi ini sudah dicapai titik aman maka untuk kondisi yang lebih rendah tentu juga lebih aman.

7.2 Saran

1. Bagi radiographer hendaknya lebih berhati-hati dalam mengambil posisi diri selama ekspose, karena ternyata distribusi *scatter* radiasi tidak menyebar secara simetris. Akan lebih baik jika mengerti tentang pola *scatter* radiasi yang terjadi.
2. Jika harus dilakukan pemeriksaan dalam ruangan yang tanpa pelindung maka jarak aman yang dapat diterima minimal ± 3 meter.
3. Untuk peneliti selanjutnya, dapat dilakukan pengkajian lanjutan tentang sebab-sebab kecenderungan terbentuknya pola tersebut.

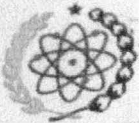
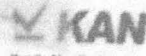
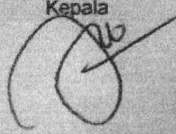
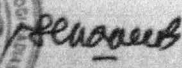

DAFTAR PUSTAKA

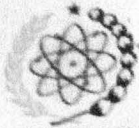
- Alatas Zubaidah, Rismiyanto, dkk.2000.*Buku Pintar Nuklir*.Jakarta: BAPETEN
- Arthur dan Lincoln.1981.*Dental Radiology*.London:The C.V. Mosby Company
- BATAN.2011.*Pendidikan dan Latihan Petugas Proteksi Radiasi*.Jakarta:BAPETEN
- BAPETEN.2003.*Penyuluhan Peraturan Perundangan Keselamatan Nuklir*.Jakarta:BAPETEN
- Budiono, dr, M.kes.2013.*Variabel Penelitian*.Materi Kuliah Metodologi Penelitian
- G. J Van der Plaats.1959.*Medical X-ray Technique*.London:Philips Technical Library
- Gunn Chris.2008.*Pocket Radiography and Medical Imaging Dictionary*.London:Churehill Livingstone Elsevier
- Mukmin.2011.*Interaksi Radiasi Dengan Materi*.
<http://smukmin.blogspot.com/2011/10/interaksi-radiasi-dengan-materi.html> diakses tanggal 18 November 2013
- P, Indra Soegardo.2013*Proteksi Radiasi*.Materi Kuliah
- Sumarsono.2008.*Efek Radiasi*.<http://ss-radiology.blogspot.com/2008/08/efek-radiasi.html> diakses Agustus 2013 pukul 14.11
- Wahyuningsih.2012.*PesawatSinar-XMobile*.
<http://radiologiquwh.blogspot.com/2012/05/pesawat-sinar-X-mobile.html> diakses tanggal 19 Juli 2013 pukul 10.19

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

SERTIFIKAT ALAT

	LABORATORIUM PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440 Telp. (021) 751 3906 (hunting) Fax. (021) 7657950, E-mail : ptknro@batan.go.id	 Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Kalibrasi L K - 142 - I D N ISO/IEC 17025 : 2005
	SERTIFIKAT KALIBRASI CALIBRATION CERTIFICATE No. 0995 / KN 03 02 / KMR 5.2 / 2013	
IDENTITAS PEMILIK / OWNER IDENTITY :		
Nama / Name	:	Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Soetomo
Alamat / Address	:	Jl. Mayjen. Prof. Dr. Moestopo No. 6-8 Surabaya
No. Kontrak / Contract No.	:	0300 / KMR 5.2 / II / 2013
Diterima / Accepted	:	25 Februari 2013 / Februari 25, 2013
ALAT UKUR RADIASI YANG DIKALIBRASI / INSTRUMENT CALIBRATED :		
Nama / Jenis Alat	:	Surveimeter Gamma
Name / Type of Instrument	:	Gamma Surveymeter
Pabrik / Manufacturer	:	Thermo Electron Corporation
Tipe & No. Seri	:	Mini Com 1000 C Sn. 149
Electrometer Type & Serial No.	:	
Tipe & No. Seri Detektor	:	-
Detector Type & Serial No.	:	
ALAT UKUR RADIASI STANDAR / STANDARD RADIATION INSTRUMENT :		
Tipe & No. Seri Elektrometer	:	MAX - 4000 # F 083101
Electrometer Type & Serial No.	:	
Tipe & No. Seri Detektor	:	Exradin A6 # XQ100534
Detector Type & Serial No.	:	
Ketertelusuran / Traceability	:	SI melalui IAEA / SI through IAEA
No. Sertifikat / Certificate No.	:	IDN / 2011 / 1
METODE KALIBRASI / CALIBRATION METHOD :		
Kalibrasi telah dilakukan pada tanggal 11 Maret 2013 dengan metode substitusi (IAEA Safety Reports Series No. 16, 2000). Detektor disinari di medan radiasi gamma ¹³⁷ Cs. <i>The calibration has been performed on March 11, 2013 by the substitution method (IAEA Safety Reports Series No. 16, 2000). Detector was exposed in a known radiation field of ¹³⁷Cs.</i>		
Kondisi Kalibrasi / Calibration Condition	:	Terlampir / Attached
Hasil Kalibrasi / Calibration Result	:	Terlampir / Attached
Tanggal Dikeluarkan / Date of Issue	:	14 Maret 2013 / March 14, 2013
Kepala  Dr. Susiko Widodo NIP. 19580414 198003 1 005		Sub Bidang Kalibrasi Kepala  Dra. Nazarah NIP. 19611010 198410 2 001
		
FM 22/OT 01 03/KMR 5.2/2011 rev.1		Hal 1 dari 2 / Page 1 of 2



LABORATORIUM
PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440
 Telp. (021) 751 3906 (hunting) Fax. (021) 7657950, E-mail : ptknrr@batan.go.id



LAMPIRAN / ATTACHMENT
 No. 0995 / KN 03 02 / KMR 5.2 / 2013
 Tanggal / Date : 14 Maret 2013 / March 14, 2013

KONDISI KALIBRASI
CALIBRATION CONDITION

Tekanan / Suhu / Kelembaban : 1006 mbar / 20.0 °C / 69 %
Pressure / Temperature / Humidity
 Posisi detektor : Tegak lurus pada sumbu berkas radiasi
Detector Positioning : *Perpendicular to the radiation beam axis*
 Medan Radiasi : Terkolimasi
Radiation Field : *Collimated*

Jarak sumber – detektor : 250 cm
Source to detector distance (SDD)

*Laju dosis ekiv. ambient/kerma udara/paparan standar : 6,0 mR/h
Standard ambient dose equivalent/air kerma/exposure rate

*Laju dosis standar telah dinormalisasikan ke kondisi acuan (1013 mbar, 20 °C).
Standard dose-rate has been normalized to the reference condition (1013 mbar, 20 °C).

HASIL KALIBRASI
CALIBRATION RESULT

Rentang / Skala <i>Range / Scale</i>	Faktor Kalibrasi <i>Calibration Factor</i> (mR/h) (cps)	Ketidakpastian <i>Uncertainty</i> (%)
cps	0,032	17

- Faktor kalibrasi harus dikalikan dengan bacaan alat ukur radiasi
The Calibration factor must be multiplied by the radiation measuring instrument readings
- Ketidakpastian pada faktor kalibrasi adalah sama dengan dua simpangan baku (95 %)
Uncertainty in the calibration factor corresponds to two standard deviations (95 %)

CATATAN / REMARKS :

Berdasarkan Pasal 11 Peraturan Kepala BAPETEN No. 1/2006, kalibrasi ini dilakukan secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam 1 (satu) tahun.
Based on article of the BAPETEN Chairman Decree No.1/2006, this calibration should be performed periodically at least once in a year.



Sub Bidang Kalibrasi
Kepala

Suzana

Dra Nazarah
NIP. 19611010 198410 2 001

LAMPIRAN 2

DOKUMENTASI PENELITIAN

