

SKRIPSI FISIKA MEDIK

**“PENGUJIAN KESESUAIAN ANTARA LAPANGAN PENYINARAN
KOLIMATOR DENGAN BERKAS RADIASI YANG DIHASILKAN PADA
PESAWAT SINAR-X MOBILE DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
TANI DAN NELAYAN GORONTALO”**



OLEH :

ANDI PASINRINGI

H211 09 501

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA PROGRAM STUDI KONSENTRASI FISIKA MEDIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2012**

**PENGUJIAN KESESUAIAN ANTARA LAPANGAN PENYINARAN
KOLIMATOR DENGAN BERKAS RADIASI YANG DIHASILKAN PADA
PESAWAT SINAR-X MOBILE DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
TANI DAN NELAYAN GORONTALO**

**ANDI PASINRINGI
H211 09 501**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk melengkapi tugas akhir dan memperoleh gelar sarjana

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA PROGRAM STUDI KONSENTRASI FISIKA MEDIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2012

**PENGUJIAN KESESUAIAN ANTARA LUAS LAPANGAN PENYINARAN
KOLIMATOR DENGAN BERKAS RADIASI YANG DIHASILKAN PADA**

**PESAWAT SINAR-X MOBILE DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
TANI DAN NELAYAN GORONTALO**

Oleh :

ANDI PASINRINGI

H211 09 501

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

Prof. Dr. rer nat H. Wira Bahari Nurdin
NIP. 19670923 199103 1 001

Pembimbing Pertama

Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.Ph.D
NIP. 19650306 199103 1 008

ABSTRACT

Diagnostic X-Ray unit is device applied for diagnosis or detects existence of something trouble in human body by using X-rays. For diagnosis, diagnostic X-ray this unit must be precision and accuration in determining location or place of trouble in human body. So is required alignment test that output of X-rays beam from X-ray tube up to patient still in a state of alignm and there is no diflection of angle or distance at X-ray tube. At alignment test is needed beam alignment test tool to measure degree of deflection from diagnostic X-ray which we test would. Compliance Testing for beam alignment need to be done at diagnostic X-rays unit, because would very danger if the X-ray beam is not alignment gives wrong information contribution, for example : to determine hoisting of tumor at human body linear circuit, if information of situation tumor potition there are aberration hence will result error of location of surgery and or diagnostic error.

SARI BACAAN

Diagnostic X-Ray unit adalah alat yang digunakan untuk mendiagnosa atau mendeteksi adanya sesuatu gangguan dalam tubuh manusia dengan menggunakan sinar-X. Untuk mendiagnosa, diagnostic X-ray unit ini harus presisi dan akurasi dalam menentukan lokasi atau tempat gangguan dalam tubuh manusia. Sehingga dibutuhkan pengujian kesejajaran agar keluaran berkas sinar X dari X-ray tube sampai ke pasien masih dalam keadaan sejajar dan tidak ada pergeseran sudut atau jarak pada tabung sinar-X. Pada pengujian diperlukan alat bantu uji untuk mengukur derajat simpangan dari diagnostic X-ray yang akan kita uji. Uji kesesuaian kesejajaran berkas perlu dilakukan pada pesawat sinar-X diagnostik, karena akan sangat fatal apabila berkas sinar tidak sejajar memberikan kontribusi informasi yang salah, misal : untuk menentukan pengangkatan tumor pada jaringan tubuh manusia, apabila informasi letak tumor ada penyimpangan maka akan mengakibatkan kesalahan lokasi pembedahan dan atau kesalahan diagnostik.

KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum Wr.Wb.

Syukur Alhamdulillah atas Karunia dan Rahmat Allah SWT, atas kesehatan, rejeki, dan anugerah berupa ilmu pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengujian Kesesuaian Antara Luas lapangan Penyinaran Kolimator dengan Berkas Radiasi yang dihasilkan pada Pesawat Sinar-X Mobile di Rumah Sakit Umum Daerah Tani dan Nelayan Gorontalo”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada jurusan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya teruntuk **istri dan keluarga** tercinta yang telah memberi dukungan moril serta doa restunya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Demikian pula penulis menyampaikan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang sitinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Ir. Hi. Iwan Boking, MM** selaku Bupati Boalemo yang telah memberikan rekomendasi untuk melanjutkan pendidikan S1 Fisika Medik di Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Bapak **dr.H. Sukri Djakatar, Sp.A** selaku direktur Rumah Sakit Umum Daerah Tani dan Nelayan yang telah memberikan ijin untuk melanjutkan pendidikan S1 Fisika Medik di Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak **dr. Tito E.M. Bastian, M.Mars.** selaku Kepala Bagian SDM Kabupaten Boalemo Gorontalo yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan moril hingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.

4. Ibu **Sri Suriani, DEA** selaku Penasehat Akademik yang senantiasa memberikan nasehat dan arahan yang sangat membantu penulis selama menempuh pendidikan.
5. Bapak **Prof. DR. H. rer-nat Wira Bahari Nurdin** selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu dan tenaga dalam mendidik dan mengarahkan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
6. Bapak **DR. Paulus Lobo Gareso, M.Sc, Ph.D** selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dan tenaga dalam memberi bimbingan dan masukan serta pengetahuan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Dosen penguji yang terdiri atas: Bapak **Prof. DR. H. Halmar Halide, M.Sc.**, Ibu **Sri Dewi Astuty Ilyas, S.Si., M.Si.**, dan Bapak **Drs. Bansawang, BJ.,M.Si.**, atas segala masukan, saran, dan pengalaman untuk bisa introspeksi diri demi kemajuan di masa depan.
8. Bapak **Prof. DR. Halmar Halide, M.Sc.** dan **Prof. DR. Syamsir De wang, M.Eng, Sc.** selaku Ketua Program Studi Fisika dan Ketua Kons. Fisika Medik F.MIPA UNHAS atas kebijakan-kebijakan yang diberikan kepada Mahasiswa.
9. Para Staf pengajar Kons. Fisika Medik Jurusan Fisika F.MIPA UNHAS yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan memperluas wawasan keilmuan kepada penulis serta staff pegawai atas keramahan dan bantuannya selama ini.
10. Bapak H. Ambo Tuwo dan Bapak Latif selaku staff administrasi Jurusan Fisika F.MIPA UNHAS atas segala bantuan demi kelancaran administratif selama pendidikan.
11. Kak **Mulyadin,Amd.Rad.S.Si.** yang telah membantu dalam hal literature dan bimbingannya terkait penelitian ini.
12. **Mulyadi Rais, Amd.Tem** dan **Muh. Jafar, Amd.Tem.** yang membantu dalam hal literatur dan penelitian di lapangan.

13. Teman-teman mahasiswa (i) Kons. Fisika Medik angkatan 2009: **K' Ratih, K' Asmi, K' Uphieq, Reni, Chia, Dhani, Tibe, Rha-rha, Thira, Dwie, Echal, Ays, Itha, Alfred cs.** atas keceriaan dan kebersamaan yang selalu penulis rindukan selamanya.
14. Semua teman-teman serta Senior yang tidak sempat penulis sebut satu persatu, terima kasih semua.

Semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat ganda kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Akhirnya perkenankanlah penulis meminta maaf dengan segala kerendahan hati dan niat yang ikhlas atas segala kekhilafan yang selama ini penulis telah lakukan.

Semoga Skripsi ini dapat bernilai dan bermanfaat bagi pembaca dan terutama bagi penulis sendiri.

Amin

**Billahi Fii Sabililhaq Fastabiqul Khaerat
Wassalamu Alaikum Wr.Wb.**

Makassar, April 2012

Penulis

Andi Pasinringi

DAFTAR ISI

BAB	HAL.
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
Bab I Pendahuluan	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup.....	2
I.3.Tujuan Penelitian.....	3
Bab II Tinjauan Pustaka	4
II.1. Produksi Sinar-X.....	4
II.2. Pesawat Sianr-X dan Komponen-komponennya.....	8
II.3. Collimator Test Tool.....	17
II.4. Sistem Detektor Film Radiografi.....	18
II.5. Intensifying Screen.....	20
II.6. Cassette/Lead Film Radiografi.....	20
II.7. Jaminan Mutu dan Kendali Mutu.....	21
Bab III Metodologi Penelitian	23

III.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
III.2. Alat dan bahan.....	23
III.3. Prosedur Penelitian.....	24
III.4. Analisis Data Pengukuran.....	27
III.5. Bagan Alir Penelitian.....	29
Bab IV Hasil dan Pembahasan	30
IV.1. Hasil Penelitian.....	30
IV.2. Pembahasan.....	36
Bab V Kesimpulan dan Saran	42
V.1. Kesimpulan	42
V.2. Saran	42
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Proses Terjadinya Sinar-X.....	5
2. Gambar 2.2. Proses Terjadinya Radiasi Sinar-X Bremstrahlung.....	6
3. Gambar 2.3. Proses Terjadinya Radiasi Sinar-X Karakteristik	7
4. Gambar 2.4. Tabung pesawat Sinar-X dengan komponen pokoknya.....	14
5. Gambar 2.5. Kolimator Pesawat Sinar-X.....	16
6. Gambar 2.6. Cara kerja Kolimator Pesawat Sinar-X.....	16
7. Gambar 2.7. Alat uji Collimator Test Tool.....	17
8. Gambar 2.8. Film Radiografi jenis single emulsi.....	19
9. Gambar 2.9. Film Radiografi jenis double emulsi.....	19
10. Gambar 2.10. Jenis kaset radiografi.....	21
11. Gambar 3.1. Skema pengujian kesejajaran Kolimator.....	26
12. Gambar 4.1. Sketsa Pengukuran penyimpangan radiasi.....	30
13. Gambar 4.2. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 24 cm x 30 cm dengan FFD 60 cm sebelum dikoreksi.....	31
14. Gambar 4.3. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 24 cm x 30 cm dengan FFD 90 cm sebelum dikoreksi.....	32
15. Gambar 4.4 Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 24 cm x 30 cm dengan FFD 120 cm sebelum dikoreksi.....	32

16. Gambar 4.5. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 30 cm x 40 cm dengan FFD 60 cm sebelum dikoreksi.....	33
17. Gambar 4.6. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 30 cm x 40 cm dengan FFD 90 cm sebelum dikoreksi.....	33
18. Gambar 4.7. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 30 cm x 40 cm dengan FFD 120 cm sebelum dikoreksi.....	34
19. Gambar 4.8. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 35 cm x 35 cm dengan FFD 60 cm sebelum dikoreksi.....	35
20. Gambar 4.9. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 35 cm x 35 cm dengan FFD 90 cm sebelum dikoreksi.....	35
21. Gambar 4.10. Gambaran radiograf hasil pengujian Collimator Test Tool pada film ukuran 35 cm x 35 cm dengan FFD 120 cm sebelum dikoreksi.....	35

DAFTAR TABEL

1. Tabel 4.1. Hasil pengukuran penyimpangan radiasi pada gambaran radiograf untuk ukuran film/kaset 24 cm x 30 cm sebelum dikoreksi..... 32
2. Tabel 4.2. Hasil pengukuran penyimpangan radiasi pada gambaran radiograf untuk ukuran film/kaset 30 cm x 40 cm sebelum dikoreksi..... 34
3. Tabel 4.3. Hasil pengukuran penyimpangan radiasi pada gambaran radiograf untuk ukuran film/kaset 35 cm x 35 cm sebelum dikoreksi..... 36
4. Tabel 4.4. Hasil Analisis Pengukuran penyimpangan pada gambaran Radiograf sebelum dikoreksi..... 38
5. Tabel 4.5. Hasil Analisis Pengukuran penyimpangan radiasi pada gambaran Radiograf setelah dikoreksi..... 40

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Pengalaman dengan penggunaan pesawat sinar-X diagnostik dan intervensional telah menunjukkan fakta keselamatannya. Perbaikan yang terkait dengan desain keselamatan (*safety design*) terus dilakukan oleh pihak pabrikan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Oleh karena itu pesawat sinar-X harus dipelihara, diuji kinerjanya apakah sesuai terhadap parameter keselamatan, yang disebut uji kesesuaian (*compliance test*) dan diperbaiki apabila rusak. Pengukuran dilakukan terhadap pesawat sinar-X yang baru sebelum digunakan terhadap pasien dan secara rutin diuji kembali oleh Petugas Uji Berkualifikasi (*Qualified Tester*). Frekuensi pengukuran dilakukan sesuai dengan jenis pesawat sinar-X. Hasil uji kesesuaian dievaluasi oleh Tim Tenaga Ahli (*Qualified Expert Team*). Pengujian yang dilakukan oleh Petugas Uji yang berkualifikasi harus dengan Peralatan Uji yang standar (*Compliance Test atau Quality Test Tools*) dan menggunakan Protokol Uji (*Test Protocol*) yang sesuai. Peraturan Kepala (Perka) BAPETEN No.7 Tahun 2007 tentang Keamanan Sumber Radioaktif ini sebagai amanat dari Peraturan Pemerintah (PP) No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan Sumber Radioaktif, yaitu mulai pasal 35 – 40. Salah satu uji kesesuaian (*Compliance Testing*) pada pesawat sinar-X diagnostik adalah Kesejajaran berkas sinar-X. Dan untuk pengujiannya digunakan alat bantu uji yaitu *Collimator test tool*, untuk mempermudah perhitungan dan atau untuk analisa penyimpangan pada berkas sinar-X. Uji kesesuaian kesejajaran berkas

perlu dilakukan pada pesawat sinar-X diagnostik, karena akan sangat fatal apabila berkas sinar tidak sejajar akan memberikan kontribusi informasi yang salah, misal : untuk menentukan pengangkatan tumor pada jaringan tubuh manusia, apabila informasi letak tumor ada penyimpangan maka akan mengakibatkan kesalahan lokasi pembedahan dan atau kesalahan diagnostik.

Uji kesesuaian antara lapangan penyinaran (kolimator) dengan berkas radiasi dimaksudkan sebagai salah satu upaya penyesuaian antara cahaya lampu kolimator pada bidang kaset dengan radiasi yang keluar dari celah kolimator yang sama. Penelitian ini merupakan penelitian yang sederhana akan tetapi memiliki fungsi yang cukup penting karena akan memberikan informasi apakah lapangan penyinaran benar atau sesuai dengan radiasi yang dikeluarkan.

Jika terjadi Lapangan penyinaran (Kolimator) terhadap berkas radiasi yang lebih lebar maka dapat menambah radiasi yang diterima oleh pasien akan tetapi jika lapangan penyinaran terhadap gambaran radiasi lebih sempit maka akan menyebabkan organ yang diekspose menjadi terpotong (tidak terlihat pada citra radiografi karena berada diluar lapangan kolimasi).

1.2. Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi pada “Pengujian Kesesuaian Antara Lapangan penyinaran kolimator dengan Berkas Radiasi yang dihasilkan pada Pesawat Sinar-X Mobile di Rumah Sakit Umum Daerah Tani dan Nelayan Gorontalo”. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji yang dikenal dengan nama *Collimator Test Tool*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini

1. Mengukur skala penyimpangan Lapangan penyinaran kolimator (Kolimasi) terhadap gambaran radiasi yang dihasilkan pada pesawat Sinar-X mobile di Rumah Sakit Umum Daerah Tani dan Nelayan Gorontalo.
2. Menganalisis Kesesuaian antara Lapangan penyinaran kolimator (Kolimasi) dengan gambaran radiasi yang dihasilkan pada pesawat Sinar-X mobile di Rumah Sakit Umum Daerah Tani dan Nelayan Gorontalo.

BAB II

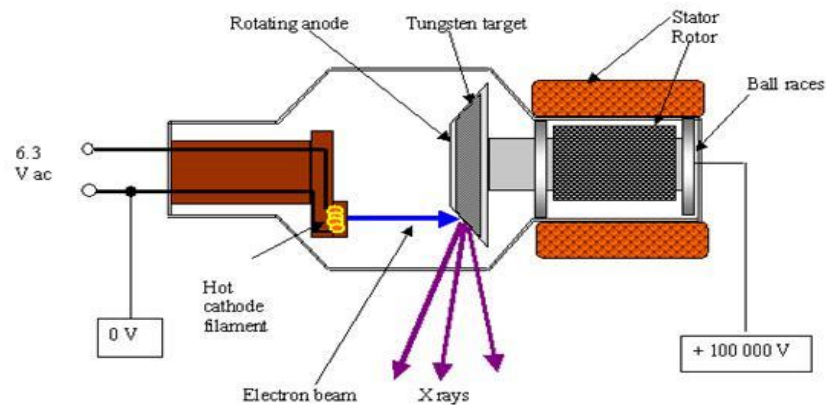
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Produksi Sinar-X

Sinar X ditemukan pertama kali oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 sewaktu melakukan eksperimen dengan sinar katoda. Saat itu ia melihat adanya sinar fluoresensi pada kristal Barium Planitosianida dalam tabung Gookes Hitrof yang dialiri listrik. Tidak lama kemudian ditemukanlah bahwa sinar tersebut adalah sinar baru atau sinar-X. [1]

Sinar-X merupakan pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya, dan sinar ultraviolet, akan tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek yaitu $1/10.000$ dari panjang gelombang cahaya yang kelihatan. [2]

Foton sinar-X dihasilkan ketika elektron berkecepatan tinggi yang berasal dari katoda menumbuk target pada anoda. Elektron-elektron dari katoda ini berasal dari pemanasan filamen (lebih dari 2000°C), sehingga pada filamen ini akan terbentuk awan elektron. Elektron-elektron dari katoda ini akan bergerak cepat menumbuk bidang target (anoda) akibat diberikannya tegangan tinggi atau beda potensial antara katoda dan anoda. Dari hasil tumbukan tersebut menghasilkan foton sinar-X lebih kurang 1 % dan sisanya 99 % berupa energi panas. [1]



Gambar 2.1. Proses terjadinya Sinar-X
<http://www.google.co.id/search?q=sinar-x+karakteristik>

Sinar-X dapat dibedakan menjadi 2 yaitu, sinar-X Bremsstrahlung dan sinar-X karakteristik.

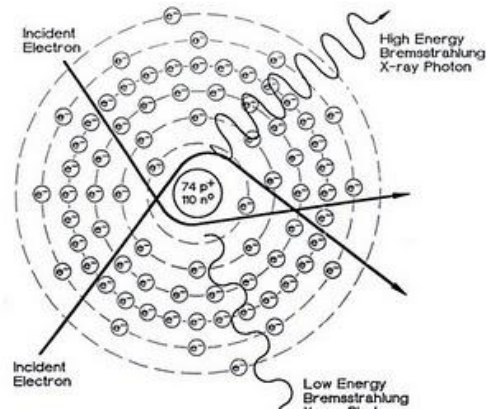
1. Sinar-X Bremsstrahlung

Sinar-X Bremsstrahlung, adalah sinar-X yang terjadi dikarenakan radiasi partikel bermuatan (beta atau elektron) yang diblokkan/dipantulkan oleh inti atom ketika memasuki atom tersebut, sehingga menghasilkan pancaran energi berbentuk gelombang elektromagnetik.[3]

Sinar-X Bremsstrahlung terjadi ketika elektron dengan energi kinetik yang terjadi berinteraksi dengan medan energi pada inti atom. Karena inti atom ini mempunyai energi positif dan elektron mempunyai energi negatif, maka terjadi hubungan tarik-menarik antara inti atom dengan elektron.

Ketika elektron ini cukup dekat dengan inti atom dan inti atom mempunyai medan energi yang cukup besar untuk ditembus oleh elektron proyektil, maka medan energi pada inti atom ini akan memperlambat gerak dari elektron proyektil. Melambatnya gerak dari elektron proyektil ini akan

mengakibatkan elektron proyektil kehilangan energi dan berubah arah. Energi yang hilang dari elektron proyektil ini dikenal dengan photon sinar – X bremstrahlung.[4]



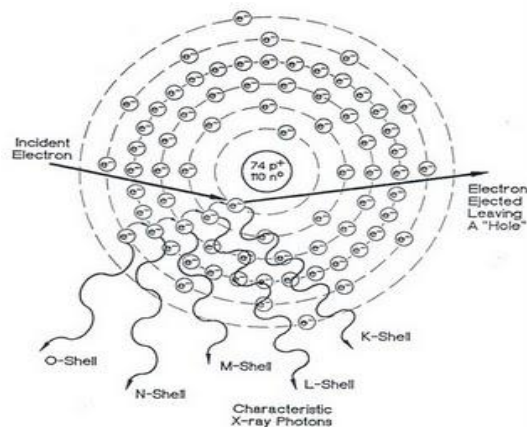
Gambar 2.2. Proses terjadinya radiasi Sinar-X Bremstrahlung
[\[http://www.google.co.id/search?q=sinar-x+karakteristik\]](http://www.google.co.id/search?q=sinar-x+karakteristik)

2. Sinar-X Karakteristik

Sinar-X Karakteristik, adalah perpindahan elektron yang terjadi setelah peristiwa eksitasi pada saat menumbuk target sehingga memancarkan energi berbentuk gelombang elektromagnetik dalam waktu yang singkat.

Sinar-X karakteristik terjadi ketika elektron proyektil dengan energi kinetik yang tinggi berinteraksi dengan elektron dari tiap-tiap kulit atom. Elektron proyektil ini harus mempunyai energi kinetik yang cukup tinggi untuk melepaskan elektron pada kulit atom tertentu dari orbitnya. Saat elektron dari kulit atom ini terlepas dari orbitnya maka akan terjadi transisi dari orbit luar ke orbit yang lebih dalam. [3]

Energi yang dilepaskan saat terjadi transisi ini dikenal dengan photon sinar-X karakteristik.



Gambar 2.3. Proses terjadinya radiasi Sinar-X Karakteristik
<http://www.google.co.id/search?q=sinar-x+karakteristik>

Adapun sifat-sifat Sinar-X sebagai berikut:

a) Memiliki daya tembus

Sinar-X dapat menembus bahan, dengan daya tembus yang sangat besar dan digunakan dalam radiografi. Makin tinggi tegangan tabung (kV) yang digunakan, maka makin besar daya tembusnya. Dan makin rendah berat atom (kepadatan suatu benda), maka makin besar daya tembus sinarnya.[2]

b) Pertebaran

Apabila berkas Sinar-X melalui suatu bahan/zat, maka berkas tersebut akan bertebaran ke segala arah, dan menimbulkan radiasi sekunder (radiasi hambur) pada bahan/zat yang dilaluinya.[2]

c) Penyerapan

Sinar-X dalam radiografi diserap oleh bahan/zat sesuai dengan berat atom atau kepadatan bahan/zat tersebut. Makin tinggi kepadatan bahan/zat (berat atom) makin besar penyerapannya.[2]

d) Efek Fotografik

Sinar-X dapat menghitamkan emulsi film (emulsi perak-bromida) setelah diproses secara kimiawi di kamar processing film (kamar gelap). [2]

e) Pendar Flour

Sinar-X menyebabkan bahan-bahan tertentu seperti: kalsium-tungstat atau zink-sulfid memancarkan cahaya (luminisensi), bila bahan tersebut dikenai radiasi Sinar-X.[2]

f) Ionisasi

Efek primer Sinar-X apabila mengenai suatu bahan/zat akan menimbulkan ionisasi partikel-partikel bahan/zat tersebut.[2]

g) Efek Biologi

Sinar-X akan menimbulkan perubahan-perubahan biologik pada jaringan. Efek Biologik ini yang dipergunakan dalam pengobatan Radioterapi.[2]

II.2. Pesawat Sinar-X dan komponen-komponennya

Bila ditinjau dari segi bentuk fisik dan penginstalannya:

- (1) Pesawat Sinar-X Dapat Dijinjing/Portabel (*Portable*);
- (2) Pesawat Sinar-X Mudah Dipindahkan (*Mobile*); dan
- (3) Pesawat Sinar-X Terpasang Tetap (*Stationery*).[3]

Pesawat Sinar-X terdiri dari beberapa komponen yaitu control panel, trafo, generator tegangan tinggi, tabung sinar-X, kolimator/kolimasi.[5]

A. Control Panel (Panel Kontrol)

Komponen penting untuk system Sinar-X adalah panel control. Ada tiga prinsip kontrol untuk sistem Sinar-X standar, yaitu tegangan (kV), Arus tabung (mA) dan timer (s). [5]

Semakin tinggi kV yang diberikan diantara katoda dan anoda, maka elektron akan bergerak semakin cepat. Semakin cepat elektron menumbuk anoda pada target, maka semakin cepat sinar-X terbentuk dan semakin kuat daya tembus dari Sinar-X yang dihasilkan. Ini berarti jumlah kV menunjukkan kualitas Sinar-X yang dihasilkan terhadap gambaran radiograf. Kualitas Sinar-X itu sendiri akan mempengaruhi detail, ketajaman serta kontras radiografi yang dihasilkan.[6]

Arus Tabung (mA) menentukan jumlah Sinar-X yang keluar dari tabung Sinar-X. Elektron yang akan menumbuk anoda, dihasilkan di katoda tepatnya di filamen. Filamen ini akan menghasilkan elektron apabila dipanaskan. Pemanasan filamen bisa terjadi apabila tabung Sinar-X diberi arus listrik. Semakin besar arus yang diberikan pada tabung Sinar-X maka semakin banyak elektron yang dihasilkan oleh filamen. Semakin banyak elektron yang dihasilkan di filamen, maka semakin banyak pula elektron yang menumbuk di anoda dan itu berarti semakin banyak foton Sinar-X yang dihasilkan. [6]

Kuat arus yang diberikan pada tabung Sinar-X ini harus dikombinasikan dengan waktu kuat arus tersebut diberikan, yang dinyatakan dalam second (s). Kombinasi antara kuat arus (mA) dengan

waktu (s) yang diberikan ke tabung Sinar-X yang kemudian disebut dengan “mAs”. Kenaikan “mAs” akan diikuti dengan banyaknya jumlah elektron yang dihasilkan dan mempengaruhi banyaknya foton Sinar-X yang dihasilkan. Dengan kata lain “mAs” berhubungan dengan kuantitas Sinar-X yang dihasilkan. Kuantitas Sinar-X itu sendiri akan mempengaruhi densitas (derajat kehitaman) gambaran yang dihasilkan. Semakin tinggi “mAs” yang digunakan maka semakin tinggi densitas yang dihasilkan.[6]

Fungsi Timer (s) adalah untuk mengontrol durasi paparan, dengan kata lain, berapa banyak waktu tabung menghasilkan radiasi. Waktu penyinaran (s) ini bertujuan:

- untuk mengurangi perkaburan gambaran radiografi akibat pergerakan organ/pasien (*Movement Unshapness*).
- mengurangi dosis radiasi yang diterima pasien.

Dalam radiografi, pembentukan gambar dihasilkan dari nilai “mAs”. Jadi berapapun nilai “mA” dan nilai “s” nya asalkan memiliki jumlah perkalian yang sama, maka dinyatakan memiliki nilai “mAs” yang sama.[6]

B. Transformator

Transformer adalah perangkat elektromagnetik yang memungkinkan tegangan arus bolak balik harus diubah, tegangan dapat ditingkatkan atau diturunkan. Transformator terdiri dari dua set gulungan

yang elektrik terisolasi dari satu sama lain. Satu set gulungan terhubung ke catu daya dan dikenal sebagai pendahuluan. Sedangkan gulungan yang lainnya terhubung ke beban (dalam hal ini tabung X-ray) dan disebut sebagai gulungan sekunder.[5]

C. Generator

Untuk memproduksi sinar-X maka tabung harus disuplai dengan energi listrik, misalnya dari PLN yang tidak dapat langsung digunakan ke tabung sinar-X. 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. Fungsi generator bukan untuk mensuplai atau membangkitkan energi, tetapi mengubah energi listrik kedalam suatu bentuk produksi sinar-X.[5]

Fungsi dari generator meliputi:

1. menaikkan tegangan listrik (menghasilkan kV);
2. mengkonversi arus listrik bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC);
3. mengubah bentuk gelombang (filter);
4. menyimpan energi;
5. mengendalikan tegangan tabung (*kilovoltage-kV*);
6. mengendalikan arus tabung (*milliampere-mA*); dan
7. mengendalikan waktu paparan (*exposure time*).

D. Tabung Sinar-X

Tabung Sinar-X terdiri dari:

- a) Tube Insert

Tube Insert yaitu bagian dalam dari tabung Sinar-X. Adapun bagian dari *X-Ray tube Insert* yakni:

- Katoda

Merupakan tempat filamen yang terbuat dari kawat tungsten yang mempunyai titik lebur tinggi. Pada filamen terjadi *emission thermionic* akibat pemanasan akibat dialiri arus listrik. Akibat *emission thermionic* adalah terbentuk awan-awan elektron bebas pada permukaan filamen. Pada bagian katoda juga dilengkapi alat pemusat berkas elektron yang disebut *focusing cup*. Ukuran fokus pada anoda terdapat dua yaitu: Fokus besar (*large focus*) dan fokus kecil (*small focus*) bergantung pada pemilihan arus tabung yang digunakan.[7]

- Anoda

Merupakan sasaran (target) yang akan ditembak oleh elektron yang dilengkapi dengan focal spot permukaan anoda yang membentuk sudut dengan kemiringan 45° . Kemiringan ini untuk mendapatkan fokus yang lebih efektif agar Sinar-X yang keluar dari tabung dapat terarah.[7]

- Rotor (anoda putar)

Keuntungan dari anoda putar antara lain pendinginannya lebih sempurna, target elektron dapat berganti-ganti sehingga awet. [7]

- Kaca tabung Sinar-X

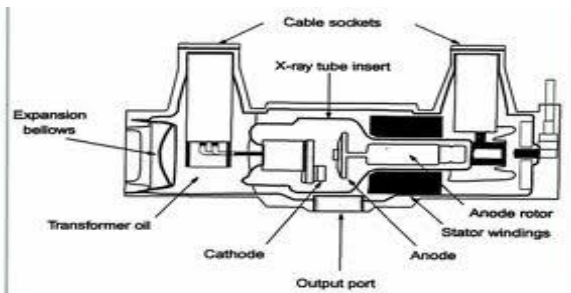
Kaca tabung Sinar-X atau *glass enclosure* bersifat fakum yang terbuat dari kaca pyrex. Fungsi kevakuman tabung kaca sinar-X adalah menghindari terjadinya proses ionisasi molekul gas dengan elektron dari filamen. Ionisasi dapat menghambat pergerakan elektron untuk menumbuk target.[7]

b) Tube Housing (Rumah Tabung)

Tube Housing adalah dinding bagian paling luar tabung yang biasa juga disebut Rumah Tabung yang terbuat dari metal, dan bagian dalam tabung terbuat dari lapisan timbal (Pb). Fungsi dinding ini adalah dapat menekan radiasi yang tidak dibutuhkan. Pada sisi kiri dan kanan *tube housing* dihubungkan dengan socket kabel yang menghubungkan generator tegangan tinggi dengan tabung sinar-X. pada *tube housing* juga dibuatkan jendela *housing* atau *port output* sebagai tempat berkas Sinar-X keluar.[7]

Fungsi *X-Ray tube housing* antara lain:

- *Tube housing* itu sendiri berfungsi sebagai isolasi dan proteksi *tube insert* dari gangguan tekanan dari luar.
- *X-Ray tube Housing* didalamnya terisi oil transformer yang berfungsi untuk pendingin panas yang dihasilkan akibat tumbukan elektron dengan target dan pemisah komponen yang lain dalam *Tube Insert*.
- *X-Ray tube housing* dilapisi *lead shielding* yang berfungsi untuk atenuasi radiasi agar tidak keluar dari tabung Sinar-X



Gambar 2.4. Tabung pesawat Sinar-X dengan komponen pokoknya
<http://www.google.co.id/search?q=sinar-x+karakteristik>

c) Filter

Pada tabung pesawat Sinar-X dilengkapi dengan *filter* yang berfungsi sebagai penyaring radiasi yang berenergi rendah. Radiasi yang berenergi rendah ini apabila mengenai jaringan dapat meningkatkan penerimaan dosis serap. [5]

Dalam konteks ini *filter* pada tabung Sinar-X berfungsi:

- Dapat mereduksi atau mengurangi terimaan dosis pada permukaan kulit yang disebut *entance skin dose* (ESD).
- Meningkatkan kualitas Sinar-X. Kualitas Sinar-X menentukan kemampuan Sinar-X untuk menembus bahan. Makin tebal nilai filter pada tabung Sinar-X, maka kualitas atau daya tembusnya makin besar.
- Mengurangi intensitas Sinar-X. Intensitas Sinar-X berhubungan dengan jumlah Sinar-X yang keluar dari tabung Sinar-X

Filter pada tabung Sinar-X terbagi menjadi dua:

✓ Filter bawaan

Filter bawaan pada tabung Sinar-X dikenal dengan istilah *inherent filter*, merupakan filter yang melekat pada tabung yang bersifat menetap. Filter bawaan meliputi; oli, *glass envelop* dan *casing*

internal. Filter bawaan mampu menekan Entrance Skin Dose (ESD) sampai 70% dari energi yang berenergi rendah. Nilai filter bawaan setara dengan filter yang terbuat dari bahan aluminium (Al) setebal 0,5-1,0 mm.

✓ Filter tambahan

Filter bawaan tidak cukup mampu menyerap radiasi rendah sehingga pada tabung Sinar-X perlu Filter Tambahan (*additional filter*). Filter tambahan ini selain mampu mengurangi nilai *Entrance Skin Dose* (ESD) juga dapat mengurangi dosis pada permukaan jaringan (*superficial tissue dose*). Filter tambahan ini dapat dilepas atau diganti (bersifat *remove filter*). Bahan filter tambahan ini adalah aluminium (Al).

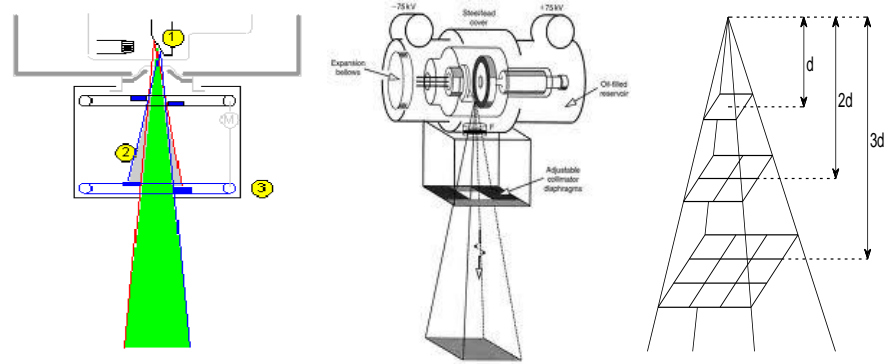
d) Kolimasi/Kolimator

Kolimasi/kolimator dipasang pada bagian Tabung Sinar-X. Kolimasi/kolimator berfungsi untuk mengatur luas bidang penyinaran yang dikehendaki. Sebelum dilakukan penyinaran, luas bidang yang akan dikenai Sinar-X dapat diketahui yaitu dengan melihat luas bidang yang di kenai cahaya yang keluar dari kolimator. [7]



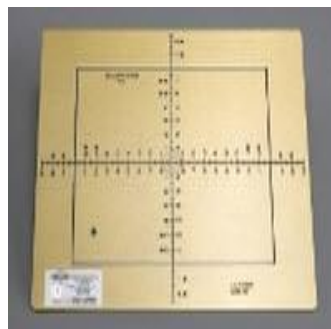


**Gambar 2.5. Kolimator Pesawat Sinar-X
(dokumentasi)**



**Gambar 2.6. Cara Kerja Kolimator Pesawat Sinar-X
(<http://www.google.com/imgres?q=x-ray+collimator>)**

II.3. Collimator Test Tool



**Gambar 2.7. Alat Uji Collimator Test Tool
(<http://www.google.com/search?q=collimator+test+tool&hl>)**

Alat *Collimator Test Tool* berfungsi untuk menganalisa kesejajaran kolimator. *Collimator Test Tool* ini terbuat dari bahan kuningan dilengkapi ukuran dalam satuan sentimeter pada permukaannya yang dapat memberikan hasil pengukuran, normal atau tidaknya paparan sinar-X pada radiograf. [8]

Sebelum menggunakan alat ini, permukaan kaset dan tabung Sinar-X harus tegak lurus. Untuk memastikan posisi tersebut, digunakan waterpass. Alat ini diletakkan melekat di atas kaset. Dan persegi empat yang ada pada setiap sisi *Collimator Test Tool* sebagai batas pengaturan cahaya lampu kolimator atau yang dikenal dengan luas lapangan penyinaran. [8]

Dalam Penelitian ini kami penulis membuat sendiri alat uji *Collimator Test Tool* yang bahan utamanya dari papan Akrilit sedangkan bagian persegi empat pada keempat sisi-sisinya serta 2 (dua) garis lurus melintang pada pertengahan sisi-sisinya terbuat dari kawat lurus yg berdiameter 1 mm. Alat Uji *Collimator Test Tool* ini penulis buat sebanyak 3 (tiga) ukuran yaitu 24 cm x 30 cm, 30 cm x 40 cm dan 35 cm x 35 cm.

II.4. Sistem Detektor Film Radiografi

Film sinar-X tersusun atas:

- Base (dasar film)
- Subratum (perekat film)
- Emulsi
- Supercoat (pelindung film)

Film Sinar-X adalah film yang susunannya dimulai dari *base* film (dasar film) yang merupakan bagian yang sangat penting. Kemudian

Substratum (lapisan perekat) sebagai perekat emulsi ke alas film. Lapisan selanjutnya adalah *emulsi* yang dioleskan di atas perekat dan lapisan terakhir dari film adalah *supercoat* yang digunakan sebagai pelindung emulsi film.[9]

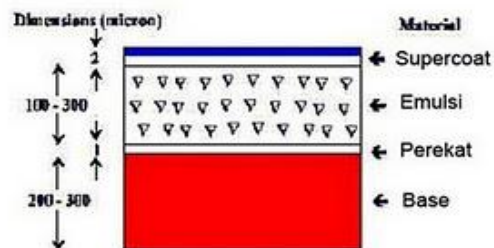
Adapun jenis-jenis film sinar x terbagi atas:

1) Jenis film menurut lapisannya.

Adapun Jenis film sinar-X menurut lapisannya dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Single Side (single emulsi)

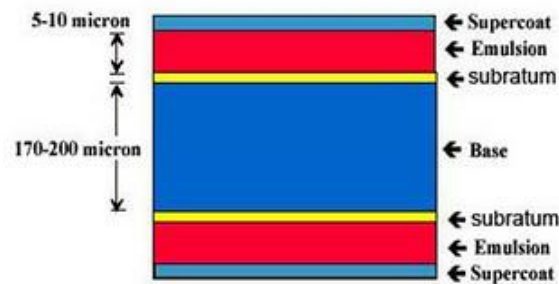
Single side adalah film sinar x dengan satu lapisan emulsi dimana lapisan perekat dan lapisan emulsi dioleskan hanya pada satu sisi dasar film (base) saja.[9]



Gambar 2.8. Film radiografi jenis single emulsi
(<http://siavent.blogspot.com/2010/03/jenis-film-sinar-x.html>)

b. Double Side (double emulsi)

Double side adalah film sinar-X dengan dua lapisan emulsi, dimana lapisan perekat dan lapisan emulsi dioleskan pada kedua sisi dari dasar film (base).



Gambar 2.9. Film radiografi jenis double emulsi
<http://siavent.blogspot.com/2010/03/jenis-film-sinar-x.html>

Adapun jenis film menurut sensitifitasnya

- Green Sensitive

Green sensitive adalah jenis film sinar-X yang sensitif terhadap cahaya hijau.[9]

- Blue Sensitive

Blue sensitive adalah jenis film Sinar-X yang sensitif terhadap cahaya biru.[9]

II.5. Intensifying Screen

Intensifying Screen adalah alat yang terbuat dari kardus (*card board*) khusus yang mengandung lapisan tipis emulsi fosfor dengan bahan pengikat dari kalsium tungstat. *Intensifying screen* ini sendiri berfungsi menambah efek Sinar-X pada film sehingga memperpendek masa penyinaran.[10]

II.6. Cassette/lead Film Radiografi

Untuk melindungi film Sinar-X yang telah maupun belum di ekspose diperlukan suatu alat yang disebut kaset. Kaset, dalam penggunaannya selalu bersama dengan intensifying screen yang terletak di depan dan dibelakang

film. Kaset memiliki berbagai fungsi, diantaranya adalah: melindungi intensifying screen dari kerusakan akibat tekanan mekanik, menjaga intensifying screen dari kotoran dan debu. Selain itu kaset juga berfungsi menjaga agar film dapat dengan rapat menempel pada kedua intensifying screen yang terletak di depan dan belakang kaset tersebut. Bagian belakang kaset dilapisi oleh lapisan besi atau Pb. Sehingga dapat mengurangi radiasi hambur balik yang berasal dari kaset bagian belakang.[10]

Kaset memiliki berbagai macam ukuran. Diantaranya adalah berukuran : (18 x 24) cm, (24 x 30) cm, (30 x 40) cm, (35 x 35) cm dan (35 x 43) cm.



Gambar 2.10. Jenis-jenis Kaset Radiografi
(<http://dadang-saksono.blogspot.com/2010/12/kaset-radiologi-dan-kamar-gelap.html>)

II.7. Jaminan Mutu dan Kendali Mutu

Jaminan Mutu (Quality Assurance) didefinisikan sebagai prosedur atau set prosedur yang dimaksudkan untuk memastikan bahwa suatu produk atau jasa dalam pengembangannya telah memenuhi persyaratan tertentu.[11]

Kendali Kualitas (Quality Control) adalah suatu prosedur atau set prosedur yang dimaksudkan untuk memastikan bahwa produk yang diproduksi layak untuk dioperasikan atau memenuhi standar uji kelayakan. [12]

Jaminan Mutu (Quality Assurance) dan Kendali Mutu (Quality Control) berkembang secara cepat sejak diterbitkannya rekomendasi untuk program menjaga kualitas fasilitas diagnostic imaging (Bureau of Radiological Health, 1980), dikatakan oleh The Joint Commission On The Accreditation of Hospital (JCHA) bahwa Salah satu tanggung jawab pelayanan unit radiologi adalah menjaga Kendali Mutu (Quality Control) yang bertujuan meminimalisir faktor pengulangan citra radiografi dan memaksimalkan kualitas citra radiografi.[13]

Deskripsi lain menyatakan bahwa Jaminan Mutu (Quality Assurance) terdiri dari beberapa program, antara lain: kendali mutu (quality control), perawatan berkala (preventive maintenance), kalibrasi (equipment calibration), pendidikan bagi radiographer dan petugas kamar gelap, uji coba alat baru, dan evaluasi produk baru. Maka dapat diambil kesimpulannya bahwa jaminan mutu (quality assurance) merupakan keseluruhan dari program manajemen.

Setiap Instalasi diharuskan membuat program jaminan mutu bagi instalasi yang mempunyai potensi dampak radiologi tinggi untuk kegiatan perencanaan, pembangunan, pengoperasian, dan perawatan instalasi, serta pengelolaan limbah radioaktif. Program jaminan kualitas tersebut kemudian disampaikan ke Badan Pengawas agar disetujui. Badan Pengawas melakukan

inspeksi dan audit selama pelaksanaan program jaminan kualitas untuk menjamin efektifitas pelaksanaannya.[13]