

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH TEGANGAN TABUNG DAN ARUS TERHADAP  
DAYA SERAP RADIASI DAN LAJU DOSIS RADIASI PADA BAHAN  
SERAT IJUK DAN TIMBAL(II) OKSIDA SEBAGAI PERISAI RADIASI  
SINAR-X**

**WAHYUDIN HUSAIN  
H021171005**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH TEGANGAN TABUNG DAN ARUS TERHADAP  
DAYA SERAP RADIASI DAN LAJU DOSIS RADIASI PADA BAHAN  
SERAT IJUK DAN TIMBAL(II) OKSIDA SEBAGAI PERISAI RADIASI  
SINAR-X**

**Disusun dan Diajukan Oleh**

**WAHYUDIN HUSAIN**

**H021171005**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**


**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS PENGARUH TEGANGAN TABUNG DAN ARUS TERHADAP  
DAYA SERAP RADIASI DAN LAJU DOSIS RADIASI PADA BAHAN  
SERAT IJUK DAN TIMBAL(II) OKSIDA SEBAGAI PERISAI RADIASI  
SINAR-X****Disusun dan Diajukan Oleh****WAHYUDIN HUSAIN****H021171005**

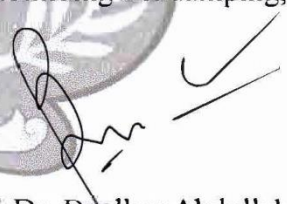
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 17 Maret 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Pembimbing Pendamping,

  
Prof. Dr. Syamsir Dewang M.Eng.Sc  
NIP. 19630111 199002 1 001

  
Prof. Dr. Bualkar Abdullah M.Eng.Sc  
NIP. 19550105 197802 1 001

Ketua Departemen,



  
Prof. Dr. Arifin M.T  
NIP. 19670520 199403 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyudin Husain  
NIM : H021171005  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Pengaruh Tegangan Tabung dan Arus Terhadap Daya Serap Radiasi dan Laju Dosis Radiasi pada Bahan Serat Ijuk dan Timbal(II) Oksida sebagai Perisai Radiasi Sinar-X

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 17 Maret 2021

Yang Menyatakan



Wahyudin Husain

## ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi nuklir telah menjadi bagian penting di bidang kesehatan khususnya dalam bidang radiologi diagnostik untuk memudahkan diagnosis suatu penyakit. Penggunaan radiasi dalam radiologi diagnostik sangat dipengaruhi oleh faktor eksposi karena memengaruhi kualitas dan kuantitas radiasi yang dihasilkan oleh suatu pesawat radiasi sinar-X, diantaranya tegangan tabung (kV) dan arus dalam waktu (mAs). Pesawat radiasi sinar-X dapat menghasilkan paparan radiasi yang tidak diinginkan bagi pekerja radiasi yang berada di sekitar ruang medan radiasi. Apabila pekerja radiasi menerima paparan radiasi sampai melewati nilai ambang batas maka akan menimbulkan efek buruk bagi pekerja radiasi. Oleh karena itu, pekerja radiasi membutuhkan alat proteksi radiasi misalnya apron. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui daya serap radiasi dan laju dosis radiasi keluaran berdasarkan besar tegangan tabung dan arus pada apron yang terbuat dari Timbal(II) Oksida dan serat ijuk sehingga dapat digunakan dengan nyaman, ringan dan tetap sesuai dengan standar BAPETEN. Komposisi utama yang digunakan pada penelitian ini adalah serat ijuk dalam bentuk serbuk dengan *mesh 100* dan Timbal(II) Oksida (PbO) dengan perbandingan 1:1. Variasi ketebalan apron yang digunakan adalah 0,23 cm, 0,26 cm dan 0,29 cm. Setiap variasi ketebalan diuji menggunakan pesawat radiasi Sinar-X SIEMENS berdasarkan variasi tegangan tabung (40 kV, 50 kV, 60 kV, 70 kV, 81 kV dan 90 kV) dan arus dalam waktu (10 mAs, 15 mAs, 20 mAs, 25 mAs, 30 mAs dan 35 mAs). Dari hasil penelitian ini diperoleh intensitas radiasi keluaran terbaik sebesar 12,55  $\mu\text{Gy}$  dan laju dosis radiasi terbaik sebesar 4,695  $\mu\text{Gy/s}$  yang diperoleh pada tegangan tabung 40 kV dan arus dalam waktu 10 mAs dengan ketebalan 0,29 cm dengan daya serap sebesar 88,991% sehingga telah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh BAPETEN.

**Kata Kunci:** Apron perisai radiasi, faktor eksposi, radiasi keluaran, laju dosis radiasi, daya serap radiasi

## ABSTRACT

The use of nuclear technology has become an important part of the health sector, especially in the diagnostics radiology to facilitate the diagnosis of a disease. The use of diagnostics radiology is very dependent on exposure factors due to the influence and quantity of radiation produced by a X-ray radiation plane, including tube voltage (kV) and current in time (mAs). X-ray radiation planes can produce unwanted radiation exposure that is in the vicinity of the radiation field space. If radiation workers receive radiation until it passes the threshold value, it will cause bad effects for radiation workers. Therefore, radiation workers need radiation protection devices such as an apron. The purpose of this study was to determine the absorption power of radiation and radiation current based on the amount of tube voltage and current on the apron made of Lead (II) Oxide and palm fiber so that it can be used comfortably, lightly and still in accordance with BAPETEN standards. The main composition used in this study is palm fiber in the form of powder with 100 *mesh* and Lead (II) Oxide (PbO) with a ratio of 1: 1. The variations in the thickness of the aprons used were 0,23 cm, 0,26 cm and 0,29 cm. Each variation was tested using a SIEMENS X-ray Device based on variations in tube voltage (40 kV, 50 kV, 60 kV, 70 kV, 81 kV and 90 kV) and current in time (10 mAs, 15 mAs, 20 mAs, 25 mAs, 25 mAs, 30 mAs and 35 mAs). From the results of this study, information obtained from the best output radiation was 12,55  $\mu\text{Gy}$  and the best radiation dose rate was 4,695  $\mu\text{Gy/s}$  obtained at a tube voltage of 40 kV and current in time 10 mAs with a thickness of 0,29 cm with an radiation absorption was 88.991% so that it is in accordance with the standards set by BAPETEN.

**Keywords:** Radiation shield apron, exposure factor, output radiation, radiation dose rate, radiation absorption

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Analisis Pengaruh Tegangan Tabung dan Arus Terhadap Daya Serap Radiasi dan Laju Dosis Radiasi pada Bahan Serat Ijuk dan Timbal(II) Oksida sebagai Perisai Radiasi Sinar-X" sebagai salah satu persyaratan akademik di Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin untuk memperoleh gelar sarjana sains.

Penyelesaian skripsi ini merupakan proses yang telah penulis lalui yang dimulai dari penelitian hingga perampungan penulisan skripsi yang tidak terlepas dari dukungan oleh berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan penuh kerendahan hati, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya **Husain Rani** dan **Nurhayati**, dan saudara-saudara kandung saya, **Wardiman Husain** dan **Wilman Hidayat Husain** serta seluruh keluarga besar, terima kasih atas curahan kasih sayang, dorongan do'a, nasihat, motivasi, dan dukungan moral maupun materil selamapenulis menempuh studi di Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc.**, sebagai pembimbing utama serta sebagai Penasehat Akademik (PA) penulis, atas arahan, nasihat, dorongan motivasi serta waktu yang telah diluangkan pada penulis sehinggadapat menyelesaikan penelitian ini.
3. Bapak **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.**, sebagai pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktu selama penulis melakukan penelitian di Laboratorium Material dan Energi Departemen Fisika FMIPAUnhas. Terima kasih atas arahan, bimbingan, ilmu, nasihat dan kepercayaan selama membimbing penulis.

4. Bapak **Bannu, S.Si, M.Si**, sebagai penguji pertama dalam melaksanakan seminar proposal, hasil dan skripsi fisika yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
5. Ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc**, sebagai penguji kedua dalam melaksanakan seminar proposal, hasil dan skripsi fisika yang telah banyak memberikan nasehat, masukan dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
6. Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.**, selaku Ketua Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin serta seluruh staf dosen pengajar dan pegawai Departemen Fisika FMIPA Unhas yang telah memberikan bimbingan serta ilmu selama penulis menjalani studi hingga penyelesaian skripsi
7. **Arfinna, S.Si**, yang senantiasa kebersamai dalam suka duka penulis, memberi masukan, semangat, motivasi, dukungan, doa, serta menjadi alarm hidup dan telah memberikan keceriaan selama penyelesaian masa studi bidang ilmu Fisika di Universitas Hasanuddin.
8. **Ebiet Wanda Lestari, Muqoil Darussalam** dan **Ahmad Nurul Fahri** yang menjadi kawan berkumpul, berbagi anime, berbagi cerita lucu, game serta memberikan hari-hari penuh kemageran di **Kos Penjernihan** sejak awal masa studi bidang ilmu Fisika di Universitas Hasanuddin.
9. Terimakasih kepada teman-teman **FISIKA 2017** yang telah menjadi rekan studi bidang ilmu Fisika di Universitas Hasanuddin.



## DAFTAR ISI

<i>SKRIPSI</i> .....	i
<i>SKRIPSI</i> .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
BAB II PEMBAHASAN .....	4
II.1 Radiasi Sinar-X .....	4
II.2 Faktor Eksposi .....	6
II.3 Serat Ijuk .....	8
II.4 Timbal.....	8
II.5 Perisai Radiasi .....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	10
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	10
III.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	10
III.2.1 Alat Penelitian.....	10
III.2.2 Bahan Penelitian.....	10
III.3 Prosedur Penelitian.....	11
III.4 Bagan Alir .....	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	14

IV.1 Pengaruh Tegangan Tabung terhadap Radiasi Sinar-X.....	14
IV.1.1 Pengaruh Tegangan Tabung terhadap Intensitas Radiasi Keluaran .....	14
IV.1.2 Pengaruh Tegangan Tabung terhadap Laju Dosis Radiasi .....	17
IV.2 Pengaruh Kuat Arus (mAs) terhadap Radiasi Sinar-X .....	20
IV.2.1 Pengaruh Kuat Arus (mAs) terhadap Intensitas Radiasi Keluaran .....	20
IV.2.2 Pengaruh Kuat Arus (mAs) terhadap Laju Dosis Radiasi .....	24
IV.3 Pengaruh Tegangan Tabung dan Kuat Arus terhadap Daya Serap Radiasi...27	
BAB V PENUTUP.....	30
V.1 Kesimpulan.....	30
V.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA .....	32
Lampiran I.....	35
Lampiran II.....	39

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 3.1</b> Pengambilan Data untuk Masing-masing Arus.....	12
---	----

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Tabung Sinar-X .....	4
<b>Gambar 2.2</b> Sinar-X Karakteristik.....	5
<b>Gambar 2.3</b> Efek <i>Bremsstrahlung</i> .....	6
<b>Gambar 3.1</b> Proses Penyinaran Raadiasi Sinar-X pada Sampel.....	12
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Hubungan Tegangan Tabung dan Radiasi Keluaran.....	16
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Hubungan Tegangan Tabung dan Laju Dosis Radiasi .....	19
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Hubungan Kuat Arus dan Radiasi Keluaran .....	22
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Hubungan Kuat Arus dan Laju Dosis Radiasi .....	26
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Hubungan Tegangan Tabung dan Kuat Arus dengan Daya Serap Radiasi .....	28
<b>Gambar 1.</b> Serat Ijuk.....	35
<b>Gambar 2.</b> Timbal(II) Oksida .....	35
<b>Gambar 3.</b> ZnO .....	35
<b>Gambar 4.</b> <i>Diocetyl Phytalate</i> .....	35
<b>Gambar 5.</b> <i>Polivinil Clorida</i> .....	35
<b>Gambar 6.</b> Aquabides .....	35
<b>Gambar 7.</b> KOH 10% .....	35
<b>Gambar 8.</b> Neraca Digital.....	36
<b>Gambar 9.</b> Ulekan Batu .....	36
<b>Gambar 10.</b> Gunting .....	36
<b>Gambar 11.</b> Toples Kecil.....	36
<b>Gambar 12.</b> <i>Mesh 100</i> .....	36
<b>Gambar 13.</b> Lumpang Porselen .....	36
<b>Gambar 14.</b> Gelas Ukur .....	36
<b>Gambar 15.</b> Gelas Beker.....	36
<b>Gambar 16.</b> <i>Aluminium Foil</i> .....	37
<b>Gambar 17.</b> <i>Microwave</i> .....	37
<b>Gambar 18.</b> <i>Hot Plate and Magnetic Stirrer</i> .....	37
<b>Gambar 19.</b> Detektor Raysafe X2.....	37
<b>Gambar 20.</b> Pesawat Sinar-X.....	37

<b>Gambar 21.</b> Mikrometer Sekrup.....	37
<b>Gambar 22.</b> Mixer Restch MM 400.....	37

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran I.</b> Dokumentasi Penelitian.....	35
<b>Lampiran II.</b> Data Hasil Pengukuran dan Pengujian .....	39

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Penduduk di seluruh dunia menghadapi masalah yang cukup serius di beberapa aspek kehidupan seperti masalah kesehatan. Masalah kesehatan ini perlu dihadapi dengan kajian dan kebijakan yang tepat yang meliputi berbagai jenis penyakit menular dan penyakit tidak menular seperti kanker [1]. Selama beberapa dekade terakhir, teknologi nuklir telah menawarkan metode untuk mendiagnosis suatu penyakit pada manusia dan gangguan metabolisme lainnya [1,2]. Radiologi diagnostik digunakan sebagai aplikasi medis dari penggunaan sinar-X untuk meningkatkan perawatan dan pelayanan kesehatan, seperti penggunaan pesawat sinar-X *mobile*, mamografi dan lain-lain [2].

Radiologi diagnostik bertujuan untuk menghasilkan gambaran dalam bentuk bayangan dengan berbagai tingkat kegelapan (keabuan) atau biasa disebut dengan citra pada struktur anatomi tertentu [2]. Dari informasi tersebut, ahli radiologi dapat menyimpulkan setiap penyimpangan yang terlihat [3]. Semakin berkembangnya teknologi saat ini, kualitas citra radiografi semakin bagus dimana kualitas radiograf ditentukan oleh pengaturan faktor eksposi [3,4]. Faktor eksposi mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas radiasi sinar-X yang dibutuhkan dalam radiografi [4]. Faktor eksposi tersebut diantaranya tegangan tabung (kilovolt atau kV), arus (mili Ampere atau mA), waktu (sekon atau s), dan jarak penyinaran (cm) [4,5]. Faktor eksposi tersebut dapat mempengaruhi dosis radiasi yang diterima oleh pasien melalui parameter yang sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan tanpa kehilangan kualitas citra [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Musdalifa dkk (2018), mengenai penentuan densitas yang mempengaruhi kualitas citra dengan variasi tegangan tabung dan arus di radiologi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan tegangan tabung dan arus yang tinggi akan menghasilkan densitas yang lebih tinggi sedangkan nilai kontras lebih rendah [5]. Hal lain yang harus diperhatikan yaitu keamanan dan keselamatan pekerja radiasi berupa adanya alat proteksi radiasi bagi pekerja radiasi. Proteksi radiasi berguna untuk melindungi pekerja radiasi dari paparan

radiasi sinar-X yang tidak diinginkan [6]. Alat proteksi radiasi sinar-X biasanya berupa apron yang terbuat dari Timbal (Pb) dengan ketebalan yang tipis tetapi dapat digunakan dalam radiologi diagnostik di semua fasilitas medis sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh BAPETEN [6,7].

Perlindungan apron timbal (Pb) masih tidak digunakan dengan baik di beberapa negara karena belum adanya kesadaran oleh tenaga medis tentang pentingnya penggunaan apron sebagai alat proteksi radiasi [7]. Di beberapa rumah sakit, apron timbal jarang digunakan karena kurang nyaman, kaku dan sangat berat [7,8]. Oleh karena itu, pengembangan dilakukan melalui penelitian-penelitian dengan menggunakan serat alam untuk mendapatkan alternatif apron sebagai proteksi radiasi di unit radiologi diagnostik, misalnya penggunaan serat alam seperti serat ijuk sebagai bahan penyerap radiasi gamma [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Sabri dkk (2018), mengenai studi komposit PbO ukuran makro dan nano sebagai pelindung radiasi gamma. Penelitian ini menunjukkan bahwa komposit PbO dengan komposisi 30% Mikro PbO dan 5% Nano PbO yang mampu menyerap radiasi dengan baik dan memiliki struktur mekanik yang bagus [7]. Penelitian lain dilakukan oleh Sitepu dkk (2019) mengenai studi penggunaan serat ijuk sebagai bahan pelindung radiasi. Dari hasil penelitian tersebut, diperoleh koefisien atenuasi terbaik sebesar 0,9538/cm sehingga dapat digunakan sebagai pelindung radiasi [8].

Berdasarkan beberapa permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini akan diteliti mengenai pengaruh variasi tegangan tabung dan arus terhadap radiasi keluaran pada perbandingan komposisi yang sama antara serat ijuk dan Timbal(II) Oksida sebagai alat proteksi radiasi sinar-X.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi tegangan tabung pesawat sinar-X terhadap intensitas radiasi yang ditransmisikan dan laju dosis radiasi setelah melewati bahan?



2. Bagaimana pengaruh variasi arus pesawat sinar-X terhadap intensitas radiasi yang ditransmisikan dan laju dosis radiasi setelah melewati bahan?
3. Bagaimana pengaruh variasi tegangan tabung dan arus pada pesawat sinar-X terhadap nilai daya serap radiasi bahan apabila dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan oleh BAPETEN?

### **I.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengamati pengaruh tegangan tabung terhadap intensitas radiasi yang ditransmisikan dan laju dosis radiasi setelah melewati bahan.
2. Mengamati pengaruh besar arus terhadap intensitas radiasi yang ditransmisikan dan laju dosis radiasi yang melewati bahan.
3. Menganalisis dan membandingkan daya serap bahan yang diuji dengan standar yang ditetapkan BAPETEN pada tegangan tabung dan arus yang divariasikan.

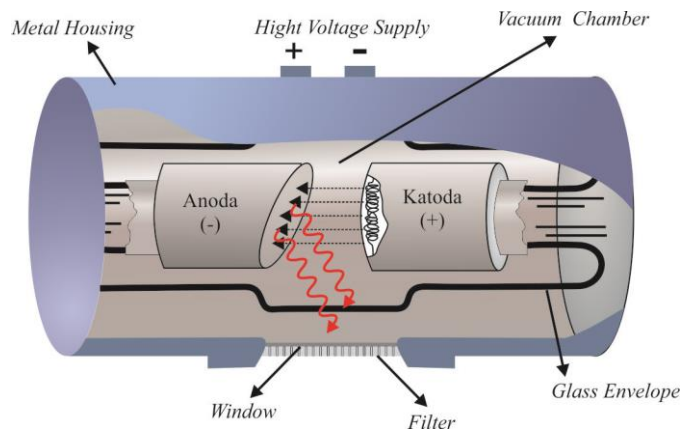
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Radiasi Sinar-X

Radiasi secara umum merupakan energi yang dipancarkan oleh sumber radiasi atau zat radioaktif dalam bentuk gelombang atau partikel. Radiasi dengan energi yang cukup besar mampu menimbulkan ionisasi di sepanjang lintasannya sehingga disebut dengan radiasi pengion [9]. Radiasi sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya, dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek [10]. Sinar-X yaitu sebuah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang  $10^{-13}$  meter sampai  $10^{-8}$  meter. Sinar-X termasuk jenis radiasi pengion yang banyak digunakan dalam bidang kedokteran sebagai sarana radiodiagnostik [9,11].

Sinar-X dapat dihasilkan dari tabung sinar-X. Tabung sinar-X digunakan sebagai sumber radiasi karena intensitasnya dapat diatur. Komponen-komponen tabung sinar-X terdiri dari katoda, anoda, *vacuum chamber*, *high voltage supply*, *glass envelope*, *filter*, *metal housing* dan *window* seperti pada Gambar 2.1 [12].

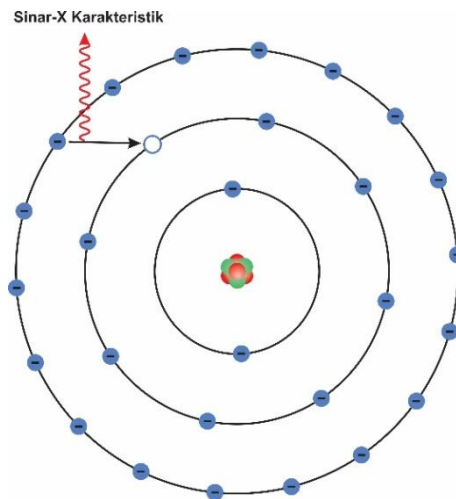


**Gambar 2.1** Tabung Sinar-X [12].

Kawat filamen (katoda) yang diberi catu daya dari sumber listrik bertegangan rendah (dalam orde volt) akan mengalami pemanasan sehingga mengeluarkan elektron secara termal. Elektron-elektron ini selanjutnya dipercepat oleh *high voltage* generator bertegangan tinggi (dalam orde kilovolt) yang diberikan antara anoda dan katoda. Kemudian, elektron-elektron yang dipercepat

ini (disebut juga elektron proyektil) mengenai anoda dan berinteraksi dengan atom-atom yang terdapat di permukaan material anoda. Pada saat menumbuk anoda, elektron-elektron ini akan melepaskan energi kinetiknya. Sebagian kecil dari energi tersebut (sekitar 1%) berubah menjadi energi gelombang elektromagnetik yang disebut sinar-X, sedangkan sebagian besar (sekitar 99%) dari energi kinetiknya berubah menjadi panas yang menumpuk pada anoda [12]. Proses terjadinya radiasi sinar-X terbagi menjadi dua, yaitu sinar-X karakteristik dan efek bremsstrahlung [12,13].

### II.1.1 Sinar-X Karakteristik



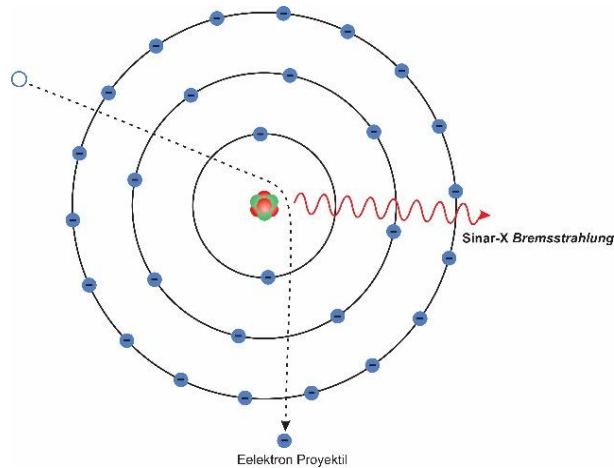
**Gambar 2.2** Sinar-X Karakteristik [13].

Sinar-X karakteristik merupakan sinar-X yang bersifat diskrit dan terbentuk ketika elektron proyektil dengan energi kinetik yang tinggi berinteraksi dengan elektron dari tiap-tiap kulit atom yang terdapat di dalam material anoda [12]. Sinar-X karakteristik terjadi apabila elektron proyektil menumbuk suatu elektron pada kulit atom sehingga terjadi kekosongan elektron. Kekosongan ini akan menyebabkan transisi elektron dari orbit luar ke orbit yang lebih dalam. Pada transisi tersebut, elektron akan mengeluarkan energi dalam bentuk foton yang disebut dengan sinar-X karakteristik seperti pada Gambar 2.2 [13].

### II.1.2 Efek *Bremsstrahlung*

Efek *Bremsstrahlung* merupakan sinar-X yang bersifat kontinu dan terbentuk ketika elektron dengan energi kinetik yang sangat besar berpindah dari katoda ke

anoda kemudian berinteraksi dengan medan energi pada inti atom yang terdapat didalam material anoda [12].



**Gambar 2.3** Efek *Bremsstrahlung* [13].

Ketika elektron ini cukup dekat dengan inti atom seperti pada Gambar 2.3 dan inti atom mempunyai medan energi yang cukup besar untuk ditembus oleh elektron proyektil, maka medan energi pada inti atom ini akan membuat gerak dari elektron proyektil melambat. Melambatnya gerak dari elektron proyektil ini akan mengakibatkan elektron proyektil kehilangan energi dan berubah arah. Energi yang hilang dari elektron proyektil inilah yang dikenal dengan sinar-X *Bremsstrahlung* atau Efek *Bremsstrahlung* [12,13].

## II.2 Faktor Eksposi

Kualitas radiograf ditentukan oleh pengaturan faktor eksposi. Faktor eksposi merupakan faktor yang menentukan kualitas dan kuantitas radiasi sinar-X radiasi yang dibutuhkan dalam pembuatan citra [5]. Secara garis besar, faktor eksposi terbagi menjadi dua bagian yaitu *Prime Exposure Factor* dan *X-Ray Imaging Factor* [5,14]. Faktor utama yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas sinar-X adalah tegangan tabung (kV), arus (mA), waktu (sekon), dan jarak penyinaran (cm). Faktor-faktor yang termasuk ke sistem karakteristik radiografi atau *X-Ray Imaging* yaitu titik fokusukuran, penggunaan filter, generator tingkat tinggi. Selain itu ada beberapa faktor lain yang juga mempengaruhi gambaran radiografi yaitu pembentukan radiografi, *collimation*, penggunaan *grid*, penggunaan kombinasi film layar dan pemrosesan film [14].

### **II.2.1 Tegangan Tabung**

Tegangan tabung merupakan beda potensial yang diberikan antara anoda dan katoda dalam tabung sinar-X. Tegangan ini akan menentukan kualitas sinar-X dan daya tembus dari sinar-X [15]. Tegangan tabung berhubungan dengan kecepatan dan energi kinetik elektron menumbuk bidang target. Selain itu, tegangan tabung berhubungan dengan energi sinar-X yang dihasilkan, semakin besar tegangan maka energi sinar-X yang dihasilkan semakin besarserta daya tembusnya juga besar. Pengaturan tegangan tabung pada pembuatan radiograf mengontrol nilai kontras radiograf. Semakin tinggi pemilihan nilai tegangan tabung (kV) maka nilai kontras yang dihasilkan semakin turun [16].

### **II.2.2 Arus**

Ketetapan (*reciprocity*) dan kontinuitas (*linearity*) dari arus tabung dapat mempengaruhi keluaran atau intensitas radiasi yang dihasilkan. Kuantitas atau intensitas sinar-X yang dihasilkan dari sebuah pesawat sinar-X berpengaruh terhadap densitas film pada radiograf. Densitas tidak hanya dikatakan sebagai suatu derajat kehitaman yang terjadi pada film Rontgen, tetapi densitas merupakan perhitungan numerik (angka) yang dapat dihitung jika diketahui derajat cahaya insiden dan nilai cahaya transmisi yang melewati film [17]. Arus tabung menentukan jumlah elektron yang akan melewati target sehingga dihasilkan intensitas radiasi sinar-X yang cukup untuk menembus organ tertentu [18].

### **II.2.3 Waktu**

Waktu eksposi (s) merupakan lama paparan berkas sinar-X mengenai suatu organ dalam satuan detik. Waktu penyinaran ini berbeda-beda sesuai dengan objek yang di periksa, misalnya pada organ yang bergerak (jantung, kolon, lambung) membutuhkan waktu penyinaran yang sesingkat mungkin untuk menghindari terjadinya ketidaktajaman akibat pergerakan (*unsharpness movement*) [16].

### **II.2.4 Jarak Penyinaran (*Focus Film Distance*)**

*Focus film distance* (FFD) merupakan jarak dari sumber sinar (fokus) ke *image receptor* (film). FFD memberikan pengaruh terhadap intensitas sinar-X dan paparan radiasi yang mencapai permukaan kulit. FFD juga mempengaruhi dosis radiasi yang diterima pasien, semakin dekat FFD dengan objek maka radiasi yang

di terima objek semakin banyak. Sedangkan jika FFD semakin jauh maka sedikit radiasi yang mengenai objek [16].

### **II.3 Serat Ijuk**

Serat ijuk merupakan serat alami yang banyak ditemukan di Indonesia. Serat ijuk dapat digunakan sebagai penguat alternatif untuk bahan komposit. Komposit serat alam memiliki keunggulan lain bila dibandingkan dengan serat gelas, komposit serat alam sekarang banyak digunakan karena jumlahnya banyak, lebih ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami, harganya pun lebih murah dibandingkan serat gelas. Serat ijuk juga dapat meningkatkan ikatan antara *fiber* dan matriks sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik komposit seperti kekuatan tarik, kekuatan *bending*, dan modulus elastis [19].

Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa yaitu kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hydrophobic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal. KOH dan NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori *Arrhenius*, basa adalah zat yang apabila di dalam air dapat menghasilkan ion OH<sup>-</sup> negatif dan ion positif. Larutan basa jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa [19,20].

### **II.4 Timbal**

Timbal adalah suatu unsur kimia yang terdapat pada golongan IVA dan periode keenam pada tabel periodik. Timbal merupakan suatu unsur yang memiliki nomor atom 82 yang memiliki densitas yang cukup besar yakni sekitar 11,34 gr/cm. Timbal memiliki koefisien serapan yang baik dan mudah didapat dipasaran dalam negeri dalam bentuk PbO (Timbal(II) Oksida) [21]. Timbal telah diakui sebagai bahan standar untuk perisai radiasi dan bahan bangunan yang lain juga sama baiknya dengan timbal asal tebalnya mencukupi yaitu setara dengan 2 mm timah hitam (Pb) [22].

Timbal(II) Oksida merupakan hasil utama yang terbentuk dalam proses memproduksi timbal, karena timbal yang ditemukan di alam tidak ditemukan bebas namun dalam bentuk biji galena (PbS) yang mengandung 86% Pb (Timbal).

Timbal Oksida memiliki tampilan berwarna *orange* dengan bentuk berupa bubuk. Keunggulan Timbal(II) Oksida adalah harganya yang murah dibandingkan timbal dalam bentuk lain seperti  $PbCl_2$  atau  $Pb_3O_4$  [21].

## II.5 Perisai Radiasi

Salah satu prinsip dasar dalam proteksi radiasi adalah penggunaan perisai radiasi [21,23]. Perisai radiasi merupakan pelindung bagi pekerja rumah sakit agar tidak terpapar radiasi sinar-X yang terhambur. Perisai radiasi akan mengurangi fluks radiasi selama terjadinya paparan dibalik perisai [23]. Bahan perisai untuk radiasi sinar-X, umumnya dipakai bahan yang mempunyai densitas tinggi seperti timbal, karena bahan tersebut cukup efektif untuk menyerap radiasi gamma dan sinar X. Fungsi perisai radiasi harus memenuhi ketentuan keselamatan yang dikeluarkan BAPETEN, dimana ditetapkan paparan radiasi yang diizinkan untuk pekerja radiasi yaitu  $10 \mu Sv/jam$  atau setara dengan  $1 mrem/jam$ [22,23].

$$D = \dot{D}t \quad (2.1)$$

Keterangan :

D = Dosis akumulasi yang diterima pekerja ( $\mu Gy$ )

$\dot{D}$  = Laju dosis serap dalam medan radiasi ( $\mu Gy/s$ )

t = Lama seseorang dalam medan radiasi (s)

Daya serap material dari perisai radiasi dapat ditentukan dengan persamaan berikut [21]:

$$DS = \left(1 - \frac{I}{I_0}\right) \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

I = Intensitas radiasi setelah melewati bahan perisai radiasi ( $\mu Gy$ )

$I_0$  = Intensitas radiasi sebelum melewati bahan perisai radiasi ( $\mu Gy$ )