

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGULANGAN CITRA DAN *REJECT FILM* RADIOGRAF  
PADA MODALITAS *COMPUTED RADIOGRAPHY*  
DI RSUD LASINRANG KABUPATEN PINRANG**

**Disusun oleh**

**SAPRIANI SAPPE**

**H021171008**



**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN AL AM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2021**

**ANALISIS PENGULANGAN CITRA DAN *REJECT FILM* RADIOGRAF  
PADA MODALITAS *COMPUTED RADIOGRAPHY*  
DI RSUD LASINRANG KABUPATEN PINRANG**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**SAPRIANI SAPPE**

**H021171008**

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

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGULANGAN CITRA DAN *REJECT FILM* RADIOGRAF  
PADA MODALITAS *COMPUTED RADIOGRAPHY*  
DI RSUD LASINRANG KABUPATEN PINRANG**

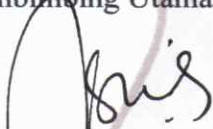
**Disusun dan diajukan oleh:**

**SAPRIANI SAPPE  
H021 17 1008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 29 November 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

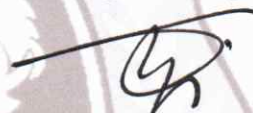
Menyetujui

Pembimbing Utama,



Dr. Sri Dewi Astuti Ilyas, S.Si, M.Si  
NIP. 19750513 199903 2 001

Pembimbing Pendamping,



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

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, MT  
NIP. 19670520 199403 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sapriani Sappe

NIM : H021171008

Program Studi : Fisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Analisis Pengulangan Citra dan *Reject Film* Radiograf  
pada Modalitas *Computed Radiography*  
di RSUD Lasinrang Kabupaten Pinrang**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 29 November 2021

Yang Menyatakan,  
  
Sapriani Sappe



## ABSTRAK

Rumah Sakit Umum Daerah Lasinrang Kabupaten Pinrang merupakan salah satu rumah sakit yang masih menggunakan sistem *computed radiography* di bagian Instalasi Radiologi. Penentuan tingkat pengulangan maupun *reject film* perlu dilakukan setiap bulannya untuk memantau tingkat pengulangan maupun *reject film*. Pengulangan citra radiograf merupakan hal yang perlu diminimalisir oleh pekerja radiografer. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor dominan terjadinya pengulangan penyinaran yang dihubungkan antara data dan hasil wawancara serta menganalisis jumlah *reject film* yang terjadi selama 2 tahun terakhir, dari penelitian ini akan diketahui persentasi pengulangan yang terjadi setiap bulannya sesuai atau tidak dengan batas yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 129/Menkes/S/II/2008 yaitu tingkat pengulangan setiap bulannya sebesar  $\leq 2\%$ . Hasil analisis menunjukkan beberapa macam faktor penyebab pengulangan, namun yang sering terjadi di RSUD Lasinrang Kabupaten pinrang yaitu artefak, terpotong dan faktor lain. Adapula ditemukan *reject film* atau *film* rusak yang disebabkan oleh kesalahan manusia maupun kesalahan alat.

**Kata Kunci:** *pengulangan citra radiograf, reject film, computed radiography*

## **ABSTRACT**

*Lasinrang Regional General Hospital, Pinrang Regency is one of the hospitals that still uses a computed radiography system in the Radiology Installation section. Determination of the rate of repetition and rejection of the film needs to be done every month to monitor the rate of repetition and rejection of the film. Radiographic image repetition is something that needs to be minimized by radiographers. This study aims to determine the dominant factor in the occurrence of repeated irradiation which is connected between data and interview results and analyze the number of film rejects that have occurred during the last 2 years. Minister of Health Number 129/Menkes/S/II/2008, which is the repetition rate every month of  $\leq 2\%$ . The results of the analysis show that several factors cause repetition, but what often occurs in Lasinrang Hospital, Pinrang Regency, are artifacts, cuts, and other factors. There are also found rejected films or damaged films caused by human error or tool error.*

**Keywords:** *repeat radiographic image, reject film, computed radiography*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

*Alhamdulillah Rabbil 'alamin*, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Tak lupa pula sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, para sahabat dan para pengikutnya seluruh umat Islam. Berkat hidayah-Nya yang begitu besar sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “ **Analisis Pengulangan Citra dan Reject Film Radiograf pada Modalitas Computed Radiography di RSUD Lasinrang Kabupaten Pinrang**” sebagai syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bimbingan, bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga kendala-kendala tersebut dapat diatasi. Penulis mengucapkan beribu-ribu terimakasih kepada kedua orang tua tercinta, **Sappe Dadi** dan **Nurjanna Wadud** yang selalu memberikan perhatian, kasih sayang, semangat serta dukungan selama penulis menyusun skripsi ini. Serta ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada saudara-saudara tersayang **Sapriana Sappe,S.Sos**, **Ahmad Reza** dan **Ahmad Rezaldi** dan terima kasih kepada sepupu-sepupu tersayang **Nurfaidah Sappe,S.T**, **Nurwana Sappe,Amd.Rad** dan **Nurul Fhany,S.Sos** yang selalu memberikan motivasi dan masukan untuk penulis.

Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Ibu **Dr. Sri Dewi Astuty Ilyas, M.Si** selaku Pembimbing Utama dan Bapak **Prof. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc** selaku Pembimbing Pertama yang telah ikhlas dan sabar memberikan arahan serta masukan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

2. Bapak **Bannu, S.Si., M.Si** dan Bapak **Prof. Dahlang Tahir., S.Si., M.Si** selaku tim penguji yang telah banyak memberikan saran serta masukan untuk kemajuan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Arifin, M.T** selaku Ketua Departemen serta **Bapak dan ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**, terima kasih atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah dilakukan.
4. Seluruf staf yang ada di **Instalasi Radiologi RSUD Lasinrang Kabupaten Pinrang** terkhusus buat Bapak **Sopyan Rusifa, Amd. Rad** yang telah membantu penulis dalam pengambilan data untuk penelitian ini.
5. Bapak/Ibu **Staf Pegawai FMIPA UNHAS**, terutama **staf Departemen Fisika; Pak Syukur, Ibu Rana, Ibu Evi** yang selalu membantu penulis selama berada di kampus.
6. Sahabatku, **Bonte 3000** (Egi, Flave, Kiki) dan **Bullunk** (Wana, Chia, Sukma, Kiah), terima kasih telah bersedia mendengar keluh kesah serta selalu siap membantu penulis selama ini.
7. Teman-teman seperjuangan di organisasi, Kerukunan Pelajar Mahasiswa Pinrang Cabang Suppa (**KPMP SUPPA**) dan Himpunan Mahasiswa Fisika (**Himafi**) FMIPA Unhas. Terimakasih telah menemani dan membantu selama berproses dan memberikan banyak pengalaman serta bersama-sama mengukir kisah baru baik di luar lingkungan maupun di dalam lingkungan kampus.
8. Saudara-saudariku, **Fisika 2017** dan **Laboratorium Optik & Spektroskopi (Optik Tamvan & Cantik)** terima kasih telah membuat kenangan bersama, terima kasih atas semua semangat dan hiburan yang telah kita lewati bersama selama ini. **KKN Zona Pinrang 5**, terimakasih atas kebersamaannya meskipun singkat namun sangat berarti.
9. Para personil **BTS** yang telah mengajarkan untuk tidak berhenti berjuang dalam meraih mimpi serta selalu memberikan motivasi melalui lagu-lagunya dengan melodi yang indah dan lirik yang penuh semangat.



10. Teman-teman KPOPku, Army (**ABRTMSY**) yang selalu memberikan semangat dan hiburan kepada penulis ketika berada di titik lelah dan jenuh.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, namun selalu berkontribusi sehingga skripsi ini dapat terselaikan dengan baik.

Makassar, 29 November 2021



Sapriani Sappe

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Sinar-X.....	4
II.1.1 Sinar-X Bremstrahlung .....	4
II.1.2 Sinar-x Karakteristik.....	5
II.2 Pesawat Sinar-X .....	6
II.2.1 <i>Computed Radiography</i> .....	7
II.2.2 <i>Direct Digital Radiography (DR)</i> .....	9
II.2.3 <i>Image Plate</i> .....	10
II.3 Citra .....	11
II.3.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Citra Radiograf .....	12
II.4 Faktor-Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf .....	12
II.4.1 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf yang terjadi di RSUD Lasinrang.....	13
<b>III.METODE PENELITIAN</b>	
III.1 Desain Penelitian.....	15

<b>III.2 Metode Pengumpulan Data .....</b>	<b>15</b>
<b>III.3 Analisis Data .....</b>	<b>15</b>
<b>III.3.1 Analisis Kuantitatif .....</b>	<b>15</b>
<b>III.3.2 Analisis Kualitatif.....</b>	<b>16</b>
<b>III.3.3 Pedoman Wawancara .....</b>	<b>16</b>
<b>III.4 Bagan Alir .....</b>	<b>17</b>
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
<b>IV.1 Data Rekapitulasi Pengulangan Citra Radiograf .....</b>	<b>18</b>
<b>IV.2 Evaluasi Faktor Dominan Penyebab Pengulangan Citra</b>	
<b>Radiograf.....</b>	<b>24</b>
<b>IV.3 Data Pengulangan Citra Radiograf Berdasarkan</b>	
<b>Jenis Pemeriksaan.....</b>	<b>25</b>
<b>IV. 4 Analisis <i>Reject Film</i> Tahun 2020-2021 .....</b>	<b>27</b>
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
<b>V.1 Kesimpulan .....</b>	<b>30</b>
<b>V.2 Saran .....</b>	<b>30</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Proses Terjadinya Sinar-X <i>Bremsstrahlung</i> .....	<b>5</b>
<b>Gambar 2.2</b> Proses Terjadinya Sinar-X Karakteristik .....	<b>6</b>
<b>Gambar 2.3</b> Prinsip Kerja pada <i>Computed Radiography</i> .....	<b>8</b>
<b>Gambar 2.4</b> Contoh Citra yang Ditolak.....	<b>11</b>
<b>Gambar 3.1</b> Bagan Alir Penelitian .....	<b>17</b>
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Jumlah Pengulangan berdasarkan Faktor Penyebab Pengulangan Tahun 2019 .....	<b>20</b>
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Jumlah Pengulangan berdasarkan Faktor Penyebab Pengulangan Tahun 2020 .....	<b>22</b>
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Jumlah Pengulangan berdasarkan Faktor Penyebab Pengulangan Tahun 2021 .....	<b>24</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1 Pedoman Wawancara .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabel 4.1 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf Tahun 2019 dengan Jumlah Pemeriksaan &lt; 450 Pemeriksaan .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabel 4.2 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf Tahun 2019 dengan Jumlah Pemeriksaan &gt; 450 Pemeriksaan .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabel 4.3 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf Tahun 2020 dengan Jumlah Pemeriksaan &lt; 450 Pemeriksaan .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabel 4.4 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf Tahun 2020 dengan Jumlah Pemeriksaan &gt; 450 Pemeriksaan .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabel 4.5 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf Tahun 2021 dengan Jumlah Pemeriksaan &lt; 450 Pemeriksaan .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabel 4.6 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf Tahun 2021 dengan Jumlah Pemeriksaan &gt; 450 Pemeriksaan .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabel 4.7 Jumlah Pengulangan berdasarkan Jenis Pemeriksaan pada Bulan Mei-Juli Tahun2021.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabel 4.8 Jumlah dan Persentasi Penerimaan dan <i>Reject Film</i> Radiografi Tahun 2020.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabel 4.9 Jumlah dan Persentasi Penerimaan dan <i>Reject Film</i> Radiografi Bulan Januari-Juli 2021 .....</b>	<b>28</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Pada saat ini ilmu kedokteran dalam bidang *imaging* mengalami perubahan yang penting dalam teknologi dan klinis. Perubahan ini terjadi melalui ide, metode dan pembuktian teknik secara nyata. Tujuan dari perkembangan ini adalah untuk memperoleh informasi diagnostik dengan hasil yang optimal dan kualitas perawatan dalam penyembuhan penderita. Salah satu perkembangan tersebut adalah yang berkaitan dengan peralatan medis [1]. Berawal dari penemuan Sinar-X oleh William Conrad Roentgen (1895) yang kemudian dimanfaatkan untuk melihat tulang-tulang tanpa harus membedahnya terlebih dahulu [2].

Salah satu sifat dari sinar-X yang dimanfaatkan dalam dunia kesehatan adalah kemampuannya untuk menghitamkan plat *film* sehingga dapat menghasilkan suatu radiograf yang berkualitas [3]. Dalam bidang radiodiagnostik, kualitas radiograf sangat berpengaruh dalam penentuan ketepatan diagnosa suatu penyakit. Namun demikian, sesuai dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), setiap pemanfaatan sumber radiasi selalu menghendaki adanya penerimaan dosis serendah mungkin terhadap pasien, pekerja radiasi maupun masyarakat [4]. Menurut *Conference Radiation Control Program Director, Incorporation USA*, kontribusi terbesar dari total paparan radiasi terhadap manusia diperoleh dari pemeriksaan radiodiagnostik [3]. Saat ini ilmu radiologi semakin berkembang sistem radiodiagnostik konvensional perlahan ditinggalkan beralih kesistem radiodiagnostik digital salah satunya *Computed Radiography (CR)* [2].

*Computed radiography* adalah suatu sistem atau proses untuk mengubah sistem analog pada konvensional radiografi menjadi digital radiografi [5]. Pemeriksaan dengan *Computed Radiography (CR)* akan menghasilkan gambaran yang detail dan bermanfaat dan memberikan informasi diagnostik [1].

Sistem radiografi digital sudah banyak dipakai untuk mendukung imejing kedokteran, namun baru sedikit studi/kajian tentang kualitas performa CR dalam

artian RFA, keterbatasan ini karena sulitnya mendapatkan data statistik dari CR untuk dapat dihitung [6]. Radiografi digital merupakan sebuah bentuk pencitraan sinar-X, dimana sensor-sensor sinar-X digital digunakan untuk menggantikan *film* radiografi konvensional [7]. Beberapa keunggulan dari sistem citra digital dibandingkan dengan konvensional antara lain menekan biaya operasional karena tidak lagi menggunakan *film* serta meningkatkan jangkauan dinamis dari citra yang diperoleh [8].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yurt pada tahun 2018 dikatakan bahwa penyebab utama penolakan atau pengulangan berasal dari teknisi, dengan tingkat 88%. Kesalahan yang paling banyak ditemui dari teknisi adalah kesalahan *positioning* (36,11%) pasien [9]. Menurut Foos (2009) paparan yang tidak tepat (baik terlalu rendah atau terlalu tinggi) adalah alasan penolakan berikutnya yang paling sering terjadi, diikuti oleh gerakan pasien [10].

Penggunaan *computed radiography* diharapkan dapat mengurangi angka penolakan pada *film*. Angka penolakan pada radiograf dengan modalitas *computed radiography* tidak bisa mencapai angka nol karena penyebab penolakan dengan sistem radiograf masih dapat terjadi dan beberapa kesalahan diantaranya, yaitu kesalahan posisi, pasien bergerak, *underexposure*, *overexposure*, *artifact*, dan lain-lain [11]. *Repeat analysis* merupakan metode yang mendokumentasikan *film* yang ditolak dan menentukan penyebab penolakan *film* yang terjadi sehingga dapat meminimalisir atau mengurangi penolakan. Tujuan utama dilakukannya program *Repeat Analysis* yaitu untuk menekan jumlah pengulangan radiograf [12].

Persentasi penolakan maupun pengulangan *film* yang diperbolehkan adalah  $\leq 4\% \leq 6\%$  dari seluruh pemeriksaan yang dilakukan dan untuk mamografi harus lebih rendah dari 2%. Sedangkan menurut Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 129/Menkes/S/II/2008 tentang standar pelayanan minimal radiologi menyatakan bahwa periode analisis pengulangan yaitu 3 bulan sekali, frekuensi pengumpulan data yaitu 1 bulan sekali dan standar tingkat pengulangan sebesar  $\leq 2\%$  [11].

Untuk mengurangi terjadinya penolakan dan pengulangan pada modalitas *computed radiography*, penelitian ini dilakukan untuk meneliti mengenai penyebab terjadinya penolakan dan pengulangan pada modalitas *computed*

*radiography* di Rumah Sakit Umum Daerah Lasinrang Kabupaten Pinrang yang hingga saat ini belum pernah dianalisis. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan apa saja penyebab dari pengulangan dan *reject film* citra agar dapat lebih diperhatikan untuk mengurangi jumlah terjadinya pengulangan penyinaran pada pasien.

### **I.2 Rumusan Masalah**

1. Faktor apakah yang dominan menyebabkan terjadinya pengulangan citra radiograf?
2. Bagaimanakah analisis *reject film* berdasarkan jumlah pemeriksaan dalam kurun waktu 2020-2021?

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

1. Menentukan faktor dominan yang mempengaruhi terjadinya pengulangan citra radiograf berdasarkan data dan hasil wawancara.
2. Menganalisis jumlah *reject film* yang terjadi selama kurun waktu 2020-2021.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Sinar-X**

Sinar-X ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen seorang berkebangsaan Jerman pada tahun 1895. Penemuannya diilhami dari hasil percobaan-percobaan sebelumnya antara lain dari J.J Thomson mengenai tabung katoda dan Heinrich Hertz tentang fotolistrik. Kedua percobaan tersebut mengamati gerak elektron yang keluar dari katoda menuju ke anoda yang berada dalam tabung kaca yang hampa udara [2]. Wilhelm Roentgen adalah fisikawan pertama yang berhasil membuat citra radiografi anatomi manusia [13].

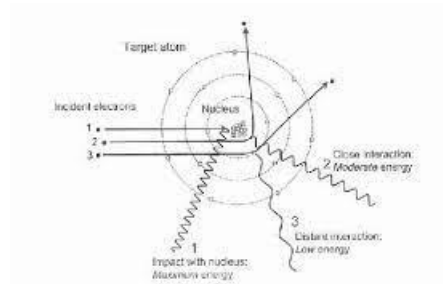
Foto sinar-X didapatkan dengan melewatkan sinar-X yang terkontrol jumlahnya melalui bagian yang dinilai dan intensitas sinar yang diteruskan akan ditangkap oleh *film* fotografi yang terpapar dengan sinar-X tersebut. Banyaknya sinar-X yang ditransmisikan (diteruskan) tergantung dari zat yang harus ditembus (tulang akan lebih sedikit meneruskan sinar dibandingkan jaringan), kemudian didapatkan gambar bayangan foto sinar-X [14].

##### **II.1.1 Sinar-X *Bremsstrahlung***

Pada pesawat sinar-X, metode terpenting dalam proses produksi sinar-X adalah proses yang dikenal dengan *bremsstrahlung*, yaitu istilah dalam bahasa Jerman yang berarti radiasi pengereman (*braking radiation*). Elektron sebagai partikel bermuatan listrik yang bergerak dengan kecepatan tinggi, apabila melintas mendekati inti suatu atom, maka gaya tarik elektrostatik inti atom yang kuat dapat menyebabkan arah gerak elektron membelok dengan tajam. Peristiwa itu menyebabkan elektron kehilangan energinya dengan memancarkan radiasi elektromagnetik yang dikenal sebagai sinar-X *bremsstrahlung* [15].

Sinar-X *bremsstrahlung* mempunyai spektrum kontinyu dan lebar. Apabila sebuah muatan listrik dipercepat maupun diperlambat, maka muatan listrik akan memancarkan energi elektromagnetik. Jika seberkas elektron telah mencapai energi eV (setelah dipercepat melalui suatu potensial V) menumbuk suatu

sasaran/target logam, maka elektronnya akan diperlambat sehingga nantinya akan berhenti karena bertumbukan dengan atom-atom materi sasaran. Proses tumbukan tersebut terjadi transfer momentum dari elektron ke atom, sehingga kecepatan elektron menjadi berkurang dan memancarkan foton [16].

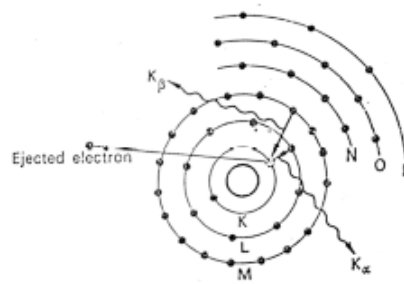


**Gambar 2.1** Proses terjadinya sinar-X *Bremsstrahlung* [16].

### II.1.2 Sinar-X Karakteristik

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 [17]. Sinar-X dapat terbentuk melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju tingkat energi yang lebih rendah [16]. Beda energi antara tingkat orbit dalam atom target cukup besar, sehingga radiasi yang dipancarkannya memiliki frekuensi yang cukup besar dan berada pada daerah Sinar-X [15].

Sinar-X karakteristik terjadi karena elektron atom yang berada pada kulit K terionisasi sehingga terpental keluar. Kekosongan kulit K ini segera diisi oleh elektron dari kulit di luarnya. Jika kekosongan pada kulit K diisi oleh elektron dari kulit L, maka akan dipancarkan sinar-X karakteristik  $K_{\alpha}$ . Jika kekosongan itu diisi oleh elektron dari kulit M, maka akan dipancarkan sinar-X karakteristik  $K_{\beta}$ . Oleh sebab itu, apabila spektrum sinar-X dari suatu atom berelektron banyak diamati, maka di samping spektrum sinar-X *bremsstrahlung* dengan energi kontinyu, juga akan terlihat pula garis-garis tajam berintensitas tinggi yang dihasilkan oleh transisi  $K_{\alpha}$ ,  $K_{\beta}$  dan seterusnya. Jadi sinar-X karakteristik timbul karena adanya transisi elektron dari tingkat energi lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah [15].



**Gambar 2.2** Proses terbentuknya sinar-X karakteristik [15].

## II.2 Pesawat Sinar-X

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya sinar ultraviolet, tetapi mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek sehingga dapat menembus benda-benda [18]. Saat itu Roentgen bekerja menggunakan tabung. Dia mengamati nyala hijau pada tabung yang sebelumnya menarik perhatian Crookes. Roentgen selanjutnya mencoba menutup tabung itu dengan kertas hitam dengan harapan agar tidak ada cahaya tampak yang dapat lewat. Namun setelah ditutup ternyata masih ada sesuatu yang dapat lewat. Roentgen menyimpulkan bahwa ada sinar tidak tampak yang mampu menerobos kertas hitam tersebut [2].

Ketika Roentgen menyalakan sumber listrik tabung untuk penelitian sinar katoda, beliau mendapatkan bahwa ada sejenis cahaya berpendar pada layar yang terbuat dari *barium platino cyanida* yang kebetulan berada didekatnya. Jika sumber listrik dipadamkan, maka cahaya pendar pun hilang. Roentgen segera menyadari bahwa ada sejenis sinar yang tidak kelihatan telah muncul dari dalam tabung sinar katoda. Sinar ini kemudian disebut sebagai sinar-X [2].

Proses terbentuknya sinar-X di dalam tabung *roentgen* yaitu ada katoda dan anoda dan bila katoda (*filament*) dipanaskan lebih dari  $20.000^{\circ}\text{C}$  sampai menyala dengan mengantarkan listrik dari *transformator*, Karena panas maka elektron-elektron dari katoda (*filament*) terlepas, Dengan memberikan tegangan tinggi maka elektron-elektron dipercepat gerakannya menuju anoda (target), Elektron-elektron mendadak dihentikan pada anoda (target) sehingga terbentuk panas (99%) dan sinar-X (1%), Sinar-X akan keluar dan diarahkan dari tabung melalui

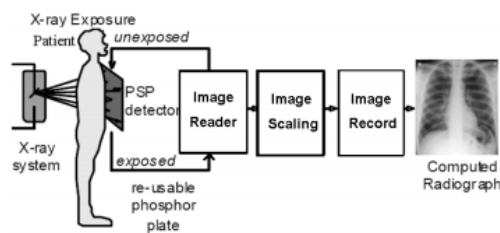
jendela yang disebut *diafragma*. Panas yang ditimbulkan diiadakan oleh radiator pendingin [18].

## II. 2.1 *Computed Radiography*

Sistem *Computed Radiography* (CR) adalah teknik pencitraan radiografi yang mengubah sistem analog menjadi digital menggunakan *photo-stimulable-phospor* (PSP) untuk akuisisi data dan pemrosesan citra dalam format dicom (*digital imaging and communication inmedicine*). Sistem *Computed Radiography* (CR) memanfaatkan kemajuan teknologi dengan adanya *imaging plate* (IP) sebagai detektor digital *photostimulable phosphor* (PSP) atau *storage phosphor screen* (SPS) dalam menggantikan kombinasi sistem *filmintensifying screen* konvensional radiografi untuk menghasilkan citra, sehingga bila dilakukan pembesaran ukurannya tidak akan mengalami perubahan dan resolusi tetap [2]. Sistem CR terdiri dari sumber radiasi pengion (tabung sinar-X atau isotop radioaktif), unit komputer, pemindai CR, dan plat pencitraan fosfor (IP) [19]. *Screen* PSP merupakan *screen* fleksibel yang diletakkan didalam kaset seperti detektor *film-screen*. PSP juga sering disebut sebagai *storage phosphor* atau *imaging plate* karena penggunaannya yang dapat menyimpan energi sinar-X [13].

CR dikembangkan pada tahun 1981 oleh *Fuji Corporation*, dengan aplikasi klinis pertama di tahun 1983 [20]. *Computed radiography* masih memerlukan pesawat sinar-X unit seperti halnya radiografi konvensional sebagai sumber radiasi untuk mengekspos pasien [21]. Pada dasarnya CR sama dengan radiografi konvensional, hanya saja penerima gambar yang digunakan adalah *Photostimulable Phosphor Plate* sebagai *Imaging Plate* (IP) yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1981 di Brussel [3]. Modalitas CR menghasilkan dua citra, yang pertama adalah citra digital radiograf. Merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan gambar radiografi dalam bentuk digital yang dapat ditampilkan di layar monitor. Sistem pencitraan digital terdiri dari *Computed Tomography* (CT), *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), *Ultrasonography* dan *Computed Radiography* [22].

Teknologi CR ini menggunakan detektor *photostimulable* yang menggantikan kaset *screen film* (SF) pada sistem radiografi konvensional (RK). Plat *storage-phosphor* ditunjukkan di dalam kaset dengan dimensi standard untuk radiografi hitam-putih khas tanpa mengubah generator sinar-X, dinding *Bucky* dan tabung sinar-X atau sistem meja paparan. Teknologi CR memberikan keleluasan radiografer untuk memperoleh citra radiografi hitam-putih lebih baik dibanding unit SF pada sistem RK. Perbedaan dengan sistem RK adalah bagaimana citra laten diciptakan dan bagaimana pengolahan citra ini dikerjakan. Siklus pencitraan CR dasar mempunyai tiga langkah yaitu pemaparan, *readout*, dan menghapus. Keluaran dari CR ini adalah citra radiograf yang bisa dinyatakan dalam bentuk tingkat keabuan *pixel* berupa angka-angka secara kuantitatif [23].



**Gambar 2.3** Prinsip kerja pada *Computed Radiography* [21].

*Imaging plate* (IP) yang diletakkan didalam kaset *computed radiography* disinari dengan sinar X [24]. Sinar-X yang keluar dari tabung akan mengenai bahan/objek yang memiliki densitas berbeda satu sama lain. Sinar-X kemudian diserap seluruhnya atau sebagian oleh bahan. Bagian bahan yang memiliki densitas tinggi akan lebih banyak menyerap sinar-X yang kemudian diteruskan dan ditangkap oleh *image plate* [8]. IP yang telah diekspos kemudian dimasukkan dalam *imaging plate reader* [25]. Selanjutnya di *scan* dengan sinar laser menyebabkan kristal pada IP menghasilkan cahaya biru violet dengan  $\lambda$  sebesar 390-400 nm [24].

Cahaya ini kemudian dideteksi oleh *phototensor* dan dikirim melalui *analog digital converter* (ADC) ke komputer untuk diproses. Setelah diperoleh citra maka IP ditransfer ke bagian lain dari IP *reader device* untuk menghapus sinyal digital sehingga IP dapat digunakan kembali [24]. Pada proses pembacaan (*readout*) di dalam *reader* ini, sinar-X yang disimpan dalam *image plate* diubah menjadi sinyal

listrik oleh laser untuk selanjutnya dapat menghasilkan citra (radiograf) sehingga dapat dilakukan pemrosesan citra digital [8]. Citra yang telah dibaca kemudian ditransfer ke dalam komputer untuk diproses dan ditampilkan pada monitor atau *film* [25].

*Computed Radiography* (CR) tidak dapat menampilkan citra organ dengan warna seperti organ aslinya karena data yang diolah dalam *image plate* berupa energi sinar-X, yang setelah menembus bahan mengalami atenuasi, absorpsi dan hamburan tergantung dari nilai koefisien atenuasi dan ketebalan organ. Pada tahap merubah energi dari analog ke digital sistem komputerisasi sistem CR hanya dapat mengolah data berupa bilangan logika yaitu 1 atau 0 yang nantinya akan ditampilkan berupa citra skala abu-abu (*grayscale*) atau *pixel value* (PV) pada layar monitor dalam matrik-matrik data [2].

### **II.2.2 Direct Digital Radiography**

Sistem DDR atau yang sering juga disebut sebagai *Direct Radiography* (DR) merupakan sistem baru pada pesawat rontgen digital yang berkembang saat ini dimana *image* atau gambar hasil dari objek radiografi diubah ke dalam format digital secara *real-time* dengan menggunakan sensor berupa *flat panel* atau *charge coupled devices* (CCD), sehingga tidak diperlukan menggunakan *cassette reader* untuk mendapatkan gambar secara digital seperti pada sistem CR [4].

Digital radiografi adalah sistem pencitraan yang menggunakan sensor bukan *film* konvensional. Dibandingkan dengan radiografi konvensional, digital radiografi menawarkan keuntungan dari pengurangan paparan radiasi, produksi gambar seketika dan penghapusan semua bahan kimia selama pemrosesan. Gambar yang dihasilkan oleh digital radiografi juga dapat dimanipulasi dan ditingkatkan menggunakan perangkat lunak komputer yang dapat membantu dalam diagnosis [26].

Istilah digital radiografi yang digunakan mengacu pada radiografi proyeksi dimana komputer digital digunakan untuk memproses data redaman yang dikumpulkan dari pasien menggunakan detector fosfor dan elektronik yang dapat difotostimulasi yang menggantikan kaset *film* sinar-X. detector menangkap dan

mengubah data redaman sinar-X dari pasien menjadi elektronik sinyal yang kemudian diubah menjadi data digital untuk diproses oleh komputer digital. Hasil pemrosesan adalah gambar digital yang harus diubah menjadi satu yang dapat ditampilkan pada monitor komputer untuk dilihat oleh pengamat (radiografer). Gambar yang ditampilkan dapat dimanipulasi menggunakan berbagai teknik pemrosesan gambar digital untuk meningkatkan interpretasi gambar radiologi diagnostik. DR mencakup system manajemen citra dan informasi, penyimpanan citra serta komunikasi citra dan data [27].

### II. 2.3 *Image Plate*

*Image plate* merupakan lembaran yang dapat menangkap dan menyimpan bayangan laten sinar-X. Bayangan *latent* tersebut terbentuk pada *film* ketika sinar-X melewati pasien dan ditangkap oleh detektor [1]. *Imaging plate* CR merupakan campuran dari BaFBr dan BaFI yang sering disebut *bariumfluorohalide* [13]. *Image plate* sebagai detektor memiliki nilai sensitifitas yang tinggi. IP memiliki sensitifitas yang berbeda dalam menangkap energi radiasi yang menembus bahan, prinsip dalam menghasilkan citra radiografi, energi yang sedikit mengenai *bariumfluorohalide* akan menampilkan citra berwarna putih (*radio opaque*) demikian sebaliknya [2].

*Imaging plate* (IP) mendemonstrasikan respon linier yang unggul terhadap intensitas sinar-X dibanding *film* radiografi, maka IP mampu menampilkan performa yang baik dalam kemampuannya memberi informasi diagnostik yang lebih baik pada daerah *underexposure* dan *overexposure*. Nilai paparan radiasi pada *imaging plate* yang ditunjukkan oleh *exposure indicator* akan selalu linier dari 0,01 sampai 100 mR untuk empat dasawarsa penggunaan IP [28].

Kerusakan fisik apapun pada IP, seperti goresan dan retakan yang disebabkan saat IP diangkut melalui unit pemrosesan selama masa pakai, diketahui menyebabkan artefak pada gambar yang diperoleh dengan baik. Selain artefak, sensitivitas IP yang tinggi terhadap radiasi pengion dan/atau *non-pengion*, seperti cahaya, panas, dan radiasi hamburan, telah diketahui menyebabkan efek seperti derau elektronik dan menurunkan kualitas gambar [29].

### II. 3 Citra

Secara fisis atau visual, sebuah citra adalah representasi dari informasi yang terkandung di dalamnya sehingga mata manusia dapat menganalisis dan menginterpretasikan informasi tersebut sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Sedangkan secara matematis, sebuah citra didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial (*plane*) dan  $f$  adalah nilai intensitas warna pada koordinat  $x$  dan  $y$ . Nilai  $f, x,$  dan  $y$  semuanya adalah nilai berhingga [30]. Citra (*image*) adalah representasi optis dari sebuah obyek yang disinari oleh sebuah sumber radiasi. [1]. Citra medis (*medical imaging*) adalah teknik dan proses yang dibuat dan digunakan untuk menghasilkan citra yang dapat menggambarkan dan mempresentasikan organ tubuh dan fungsinya secara visual untuk tujuan klinis (mendiagnosis dan mengungkapkan jenis penyakit) atau untuk ilmu kedokteran (termasuk studi tentang anatomi dan fisiologi) [30].

Citra yang dihasilkan oleh CR termasuk dalam tipe citra digital. Citra digital merupakan citra yang dihasilkan dari pengolahan dengan menggunakan komputer, dengan cara merepresentasikan citra secara numerik. Citra tersebut ditampilkan dalam bentuk matrik (kolom dan baris). Satu elemen matrik disebut *picture element (pixel)* yang menunjukkan nilai tingkat keabuan (*gray level*) dari elemen citra tersebut. Citra yang dihasilkan oleh perangkat CR dapat digunakan untuk menegakkan diagnosa [25].

Citra yang dihasilkan dari *computed radiography* terdiri dari dua tampilan yaitu dalam bentuk citra digital (*softcopy*) dan *film* yang dicetak (*hardcopy*). Citra *hardcopy* yang ditolak dapat dihitung secara langsung karena bukti fisiknya nyata tetapi citra *softcopy* yang ditolak seringkali diabaikan karena tidak ada bukti fisiknya. Analisis terhadap penolakan citra *softcopy* menjadi aspek penting yang harus dilakukan untuk meningkatkan program manajemen kualitas [5].



**Gambar 2.4** Contoh citra yang ditolak



### II. 3.1 Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Citra Radiograf

Berikut faktor yang mempengaruhi kualitas citra radiograf yaitu [2]:

#### 1. Arus Tabung (mA)

Arus akan berpengaruh pada intensitas sinar-X atau derajat terang/*brightness*. Dengan peningkatan mA akan menambah intensitas sinar-X dan sebaliknya. Oleh sebab itu derajat terang dapat diatur dengan mengubah mA.

#### 2. Tegangan Tabung (kV)

Tegangan tinggi merupakan daya dorong elektron di dalam tabung dari katoda ke anoda. Supaya dapat menghasilkan sinar-X daya dorong ini harus kuat sehingga mampu menembus objek. Dengan demikian perubahan kV sangat berpengaruh terhadap daya tembus sinar- X.

Faktor eksposi yaitu faktor yang mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-X yang diperlukan dalam pembuatan citra radiografi [31]. Pengaturan faktor eksposi ( terdiri dari arus tabung, tegangan tabung dan waktu penyinaran) yang tepat dapat menghasilkan kontras radiograf yang optimal yaitu mampu menunjukkan perbedaan derajat kehitaman yang jelas antar organ yang mempunyai kerapatan berbeda [3].

Tegangan tabung menentukan kualitas radiasi atau daya tembus sinar-X yang dihasilkan. Arus tabung menentukan jumlah elektron yang akan melewati target sehingga dihasilkan sinar-X yang intensitas dan energinya cukup untuk menembus organ tertentu. Waktu menentukan lamanya penyinaran sehingga menentukan kuantitas sinar-X yang dihasilkan [3]. Perbedaan nilai *pixel* di setiap titik pada citra dengan nilai *pixel background* menghasilkan citra yang kaya akan *anatomic* detail. Perbedaan nilai piksel ini disebut sebagai kontras [13].

### II. 4 Faktor-Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf

Pemeriksaan radiologi diagnostik telah menggunakan teknologi pencitraan CR, namun masih sering dijumpai kesalahan-kesalahan yang selanjutnya juga berdampak terhadap proporsi penolakan-pengulangan radiografi [6].

a. Faktor Umum:

Penyebab penolakan yang diketahui secara umum hanya sebatas pada penyebab yang sama seperti pada penyebab penolakan konvensional saja seperti *overexpose*, *underexpose*, *positioning* dan *image blur* [5].

b. Faktor Tambahan

Faktor tambahan penyebab pengulangan radiografi pada teknologi pencitraan *computed radiography* yaitu teknik *computed radiography* atau posisi *image* pada kaset/luas lapangan yang terlalu kecil, kode organ yang tidak tepat, kesalahan-kesalahan pemindaiaan secara digital (*digiscan faults*) dan kesalahan prosesor (*processor faults*) [6].

#### **II.4.1 Faktor Penyebab Pengulangan Citra Radiograf yang terjadi di RSUD Lasinrang**

a. Artefak

Artefak adalah struktur atau penampakan yang biasanya tidak tampak pada radiografi. Kesalahan dalam pemrosesan radiografi dapat disebabkan oleh kesalahan teknis atau kesalahan pemrosesan film. Karena penanganan transportasi film yang tidak tepat, pemrosesan film yang tidak disengaja, dan cacat pada kemasan transportasi film, dapat menyebabkan artefak. Selain itu, pergerakan tabung, kepala pasien, atau film yang berlebihan dapat menyebabkan berbagai cacat pada radiografi biasa [31].

b. Faktor Eksposi

Faktor eksposi yaitu faktor yang mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-X yang diperlukan dalam pembuatan citra radiografi [32]. Pengaturan faktor eksposi yang tepat dapat menghasilkan kontras radiografi yang optimal yaitu mampu menunjukkan perbedaan derajat kehitaman yang jelas antar organ yang mempunyai kerapatan berbeda). Pemberian faktor eksposi yang tepat dapat mengurangi paparan radiasi yang diserap dengan memperhatikan hasil visual kualitas citra radiografi. Semakin tinggi besar tegangan tabung, arus dan waktu yang diberikan dapat mengurangi nilai kontras, kuantitas dan kecerahan citra radiografi. Faktor eksposi yang paling optimum diberikan terhadap kualitas citra radiografi pada

tegangan tabung 60 kV waktu arus 25 mAs karena citra radiografi dapat dibaca dan sudah memenuhi kualitas citra yang baik [33].

Pada pasien yang besar atau gemuk, penggunaan faktor eksposi harus dinaikkan sedemikian rupa sehingga transmisi sinar-x yang sampai ke detektor harus mempunyai nilai yang cukup dalam rentang indeks *exposure* yang telah ditetapkan dengan memperhatikan faktor atenuasi. Hal ini memberikan representasi bahwa akan lebih besar dosis yang diterima oleh pasien yang gemuk. Sedangkan pada pemeriksaan radiografi pasien yang kurus dengan detektor yang sama, faktor ekposi harus diatur menjadi lebih rendah dari biasanya untuk memperoleh nilai yang sama dari transmisi sinar-X yang sampai ke detektor (untuk SNR yang sama) dengan nilai indeks *exposure* yang sama pada pasien yang gemuk. Jadi sangat memungkinkan dilakukan pengukuran dosis pasien dari nilai indeks *exposure* [33].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fajarrissetyo (2015) di Instalasi Radiologi RSUD dr.R. Goetang Taroenadibrata Purbalingga, penolakan dan pengulangan citra digital pada bulan Februari sebanyak 3,91%, hasil tersebut melebihi 1,91% dari batas maksimal yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan. Faktor penyebab yang paling tinggi pada citra yaitu posisi pasien dan yang paling rendah yaitu kesalahan pesawat sinar-X. sedangkan faktor penyebab yang paling tinggi pada film radiografi yaitu kesalahan alat *processing hardcopy* atau *printer* dan yang terendah yaitu ketajaman gambar [22].