

**PENGARUH TEKNIK *HEEL EFFECT* TERHADAP  
KUALITAS CITRA RADIOGRAFI (*PIXEL VALUE* DAN  
KONTRAS RADIOGRAFI) PADA PEMERIKSAAN *COLUMNA  
VERTEBRALIS THORACALIS* DENGAN MENGGUNAKAN  
*PHANTOM* POSISI *AP SUPINE***

**KARYA TULIS ILMIAH**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat sebagai Ahli Madya Teknik  
Radiodiagnostik dan Radioterapi STIKes PERTAMEDIKA**



**DINDA PUSBA LIAN DINI**

**NIM 32201006**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI  
SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN (STIKes)  
PERTAMEDIKA**

**2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN

**JUDUL** : **PENGARUH TEKNIK *HEEL EFFECT* TERHADAP KUALITAS CITRA RADIOGRAFI (*PIXEL VALUE* DAN KONTRAS RADIOGRAFI) PADA PEMERIKSAAN *COLUMNA VERTEBRALIS THORACALIS* DENGAN MENGGUNAKAN *PHANTOM* POSISI *AP SUPINE***

**PENYUSUN** : **DINDA PUSBA LIAN DINI**

**NIM** : **32201006**

Jakarta, 14 Juni 2023

Menyetujui:

Pembimbing



(Achmad Hasmy, S.ST,MKKK)

Ketua Prodi D3 Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi

STIKes Pertamedika



(Abdul Gamal S, SKM, MKKK)

## HALAMAN PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH TEKNIK *HEEL EFFECT* TERHADAP KUALITAS CITRA RADIOGRAFI (*PIXEL VALUE* DAN KONTRAS RADIOGRAFI) PADA PEMERIKSAAN *COLUMNA VERTEBRALIS THORACALIS* DENGAN MENGGUNAKAN *PHANTOM* POSISI *AP SUPINE***

**PENYUSUN : DINDA PUSBA LIAN DINI**

**NIM : 32201006**

Jakarta, 14 Juni 2023

Mengesahkan :

Dewan Penguji

1. Achmad Hasmy, S.ST, MKKK

Penguji I



2. Dian Mahmudah, SKM, MKM

Penguji II



3. Rakhmat Hidayat, S.ST, MKM

Penguji III



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT., atas segala rahmat dan karunia-Nya serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan kehadiran Rasulullah Muhammad SAW.

Saya ingin berterima kasih kepada diri saya sendiri karena sudah berjuang sejauh ini, melewati berbagai proses, menghadapi ego dan suasana hati yang tidak menentu setiap harinya, terima kasih sudah bertahan serta mampu menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah dengan baik.

Karya Tulis Ilmiah ini saya persembahkan untuk ayah dan ibu yang telah mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan dan orang yang paling berharga dalam hidup saya. Ibu dan ayah telah melalui banyak perjuangan dan rasa sakit tapi saya berjanji tidak akan membiarkan semua itu sia-sia. Saya ingin melakukan yang terbaik untuk setiap kepercayaan yang diberikan, Saya akan tumbuh untuk menjadi yang terbaik yang saya bisa. Terima kasih karena selalu ada untukku.

Kemudian, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada teman – teman mahasiswa jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika yang telah berjuang bersama.

Serta sahabat dan kerabat dekat yang selama ini telah memberikan semangat serta dukungan dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah dengan baik.

**Nama : Dinda Pusba Lian Dini**  
**NIM : 32201006**

### **ABSTRAK**

#### **PENGARUH TEKNIK *HEEL EFFECT* TERHADAP KUALITAS CITRA RADIOGRAFI (*PIXEL VALUE* DAN KONTRAS RADIOGRAFI) PADA PEMERIKSAAN *COLUMNA VERTEBRALIS THORACALIS* DENGAN MENGGUNAKAN *PHANTOM POSISI AP SUPINE***

*Columna Vertebralis thoracalis* ialah salah satu dari ruas tulang belakang yang ukurannya lebih besar daripada *vertebralis cervical* dan memiliki 12 ruas yang semakin ke bawah akan semakin besar. Dalam pemanfaatan radiodiagnostik, *Heel Effect* memiliki peran penting dalam pemeriksaan *AP Vertebralis Vhoracalis*, secara anatomi *Vertabralis Thoracalis* mempunyai ketebalan yang berbeda.

**Tujuan :** Untuk mengetahui berapa besar Pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra Pada Pemeriksaan *Columna Vertebralis Thoracalis*. **Metodelogi Penelitian :** penelitian ini bersifat kualitatif dengan metode pengumpulan data dilakukan dengan cara eksperimen, studi kepustakaan, dan pengukuran *Pixel Value* (PV) dan Kontras Radiografi. **Hasil :** Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra radiografi, dikarenakan dari perhitungan nilai *Pixel Value* (PV) dan Kontras Radiografi pada *Phantom Thoracal* mendapatkan nilai tertinggi ketika sisi katoda (-) diletakkan pada sisi tebal objek.

**Kata Kunci :** *Heel Effect, Columna Vertebralis Thoracalis, Pixel Value (PV), Kontras Radiografi*

**Study Program D3**  
**Radiodiagnostic and Radiotherapy Techniques**  
**Institute of Health Sciences (STIKes) Pertamedika**  
**2023**

**Name** : Dinda Pusba Lian Dini  
**NIM** : 32201006

### **ABSTRACT**

**THE EFFECT OF *HEEL EFFECT* TECHNIQUE ON RADIOGRAPHY  
IMAGE QUALITY (*PIXEL VALUE* AND RADIOGRAPHY CONTRAST)  
IN *THORACIAL VERTEBRALS COLUMN* EXAMINATION USING *AP  
SUPINE PHANTOM POSITION***

The *Column thoracic vertebra* is one of the vertebrae which is larger in size than the cervical vertebrae and has 12 vertebrae, the more you go down, the bigger it gets. In the use of radiodiagnostics, *Heel Effect* has an important role in examining the *Thoracalis Vertebral AP*, anatomically the *Thoracic Vertabralis* have different thicknesses. **Purpose:** To find out how much influence the *Heel Effect* technique has on image quality in the *Thoracic Vertebral Column* examination. **Research Methodology:** This research is qualitative in nature with data collection methods carried out by means of experiments, literature studies, and measurement of *Pixel Value* (PV) and *Radiographic Contrast*. **Results:** The results showed that there was an influence of the *Heel Effect* technique on radiographic image quality, because the calculation of the *Pixel Value* (PV) and *Radiographic Contrast* values on *Phantom Thoracal* got the highest value when the cathode side (-) was placed on the thick side of the object.

**Keywords** : *Heel Effect, Columna Vertebralis Thoracalis, Pixel Value (PV), Radiographic Contrast*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini sehingga penulis dapat menyelesaikan tepat pada waktunya. Adapun judul Karya Tulis Ilmiah ini adalah “Pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap Kualitas Citra Radiografi (*Pixel Value* dan Kontras Radiografi) pada Pemeriksaan *Columna Vertebralis Thoracalis* dengan Menggunakan *Phantom* Posisi *Ap Supine*”. Dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ns. Maryati, S.SOS, S. Kep, MARS selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika.
2. Bapak Abdul Gamal, SKM, MKKK selaku Ketua Prodi Diploma III Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi STIKes Pertamedika.
3. Bapak Achmad Hasmy, S.ST, MKKK selaku pembimbing dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah.
4. Bapak Junaidi dan Ibu Leni Marlina selaku orang tua penulis serta kakak Didik Haryadi dan adik Derlin Prili. Terima kasih untuk setiap doa baik, ketulusan dan kasih sayang serta dukungan yang sangat besar sehingga Karya Tulis Ilmiah ini dapat selesai.
5. Seluruh Dosen Program Sru di Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi STIKes Pertamedika yang selalu memberikan yang terbaik dalam mengajar dan membimbing.
6. Seluruh radiolog, radiografer, karyawan dan staff Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina. Terima kasih untuk bantuan, kerelaan waktu serta bimbingannya.
7. Seluruh teman seperjuangan Prodi D3 Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Angkatan 2020 STIKes Pertamedika yang telah bersama-sama berjuang menyelesaikan tugas akhir masing-masing.

8. Kepada Annisa Naedilya dan Gifari Awalia selaku sahabat yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan motivasi.
9. Terima kasih banyak kepada kak Alvin Raihan yang telah membantu saya dalam pengolahan data Karya Tulis Ilmiah.
10. Kepada RM, Jin, Suga, J-Hope, Jimin, V, dan Jungkook yang secara tidak langsung menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah melalui musik-musik yang memotivasi.
11. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya karya tulis ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Karya Tulis Ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik untuk lebih menyempurnakan Karya Tulis Ilmiah ini. Penulis berharap semoga Karya Tulis Ilmiah ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis sendiri, pembaca, bagi mahasiswa STIKes Pertamedika dan bagi semua pihak serta dapat dijadikan sebagai bahan inspirasi dalam membuat penelitian lebih baik lagi.

Jakarta, 14 Juni 2023



Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1    Tujuan Umum .....	3
1.3.2    Tujuan Khusus .....	3
1.4    Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1    Manfaat Praktis .....	3
1.4.2    Manfaat Referensi.....	4
1.5    Ruang Lingkup .....	4

<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN, DEFINISI OPERASIONAL .....</b>	<b>5</b>
2.1    Tinjauan Pustaka .....	5
2.1.1    Definisi Anoda <i>Heel Effect</i> .....	5
2.1.2    Kontruksi Tabung Sinar-x.....	7
2.1.3    Anatomi <i>Columna Vetebralis Thoracalis</i> .....	11
2.1.4    Kualitas Citra Radiografi .....	18
2.2    Kerangka Pemikiran .....	22
2.3    Definisi Operasional.....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1    Jenis Penelitian .....	23
3.2    Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.3    Populasi dan Sampel .....	23
3.4    Instrumen Penelitian.....	23
3.5    Metode Pengumpulan Data .....	23
3.6    Pengolahan dan Analisis Data.....	24
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1    Hasil Penelitian.....	25
4.1.1    Alat dan Bahan.....	25
4.1.2    Pengujian <i>Heel Effect</i> .....	28

4.1.3 Hasil Perbedaan Nilai <i>Pixel Value</i> (PV) dan Kontras Radiografi terhadap Perbedaan Posisi Objek <i>Phantom Thoracal</i> .....	38
4.2 Pembahasan .....	39
<b>BAB V Kesimpulan dan Saran .....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	42

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Anoda <i>Heel Effect</i> (6) .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Posisi Pasien yang dapat memanfaatkan <i>Heel Effect</i> (6).....	6
<b>Gambar 2.3</b> Skema tabung sinar-x (8).....	7
<b>Gambar 2.4</b> A. Anoda diam, B. Anoda putar (6).....	9
<b>Gambar 2.5</b> (a) Struktur utama <i>vertebrae</i> , (b) Struktur <i>vertebra</i> dari aspek <i>superior</i> (7) .....	15
<b>Gambar 2.6</b> (a) Struktur <i>vertebra</i> dari aspek <i>lateral</i> , (b) <i>Articular processes</i> dari aspek <i>anterior</i> (7).....	15
<b>Gambar 2.7</b> (a) <i>Vertebral notch - articular processes</i> dari aspek <i>lateral</i> , (b) <i>Zygapophyseal joint</i> dan <i>foramen intervertebralis</i> dari aspek <i>lateral oblique</i> (7)	16
<b>Gambar 2.8</b> <i>Vertebral Thoracalis</i> (7) .....	16
<b>Gambar 2.9</b> (a) Struktur <i>vertebra thoracal</i> dari aspek <i>superior</i> , (b) Struktur <i>vertebra thoracal</i> dari aspek <i>lateral</i> (7).....	18
<b>Gambar 2.10</b> Struktur <i>vertebra thoracal</i> dari aspek <i>lateral oblique</i> (7) .....	18
<b>Gambar 4.1</b> Pesawat Sinar-X (Instalasi Radiologi RSPP) .....	25
<b>Gambar 4.2</b> <i>Image Console</i> dan PC set (Instalasi Radiologi RSPP).....	26
<b>Gambar 4.3</b> FPD ukuran 35 cm x 43 cm (Instalasi Radiologi RSPP).....	26
<b>Gambar 4.4</b> <i>Compact Disk (CD)</i> (Instalasi Radiologi RSPP) .....	27
<b>Gambar 4.5</b> <i>Phantom</i> Radiografi (Instalasi Radiologi RSPP) .....	27
<b>Gambar 4.6</b> (a) Sisi tebal pada sisi Katoda Simbol (-), (b) Sisi tebal pada sisi Anoda Simbol (+).....	28
<b>Gambar 4.7</b> Daerah ROI pengukuran nilai <i>Pixel Thoracal</i> .....	29

<b>Gambar 4.8</b> Hasil Citra Radiografi Objek <i>Phantom Thoracal</i> Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-) Ekspos Pertama ( <i>Software MicroDicom</i> ) .....	30
<b>Gambar 4.9</b> Hasil Citra Radiografi Objek <i>Phantom Thoracal</i> Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-) Ekspos Kedua ( <i>Software MicroDicom</i> ).....	31
<b>Gambar 4.10</b> Hasil Citra Radiografi Objek <i>Phantom Thoracal</i> Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-) Ekspos Ketiga ( <i>Software MicroDicom</i> ).....	32
<b>Gambar 4.11</b> Hasil Citra Radiografi Objek <i>Phantom Thoracal</i> Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+) Eksposi Pertama ( <i>Software MicroDicom</i> ) .....	34
<b>Gambar 4.12</b> Hasil Citra Radiografi Objek <i>Phantom Thoracal</i> Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+) Eksposi Kedua ( <i>Software MicroDicom</i> ).....	35
<b>Gambar 4.13</b> Hasil Citra Radiografi Objek <i>Phantom Thoracal</i> Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+) Eksposi Ketiga ( <i>Software MicroDicom</i> ) .....	36

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Objek Thoracal Ekspos Pertama (-).....	30
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Kedua (-) .....	31
<b>Tabel 4.3</b> Uji Objek Thoracal Eksposi Ketiga (-).....	32
<b>Tabel 4.4</b> Nilai Rata-rata PV Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-).....	33
<b>Tabel 4.5</b> Nilai Kontras Radiografi (-) .....	33
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Pertama (+).....	34
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Kedua (+) .....	35
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Ketiga (+) .....	36
<b>Tabel 4.9</b> Nilai Rata-rata PV Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+).....	37
<b>Tabel 4.10</b> Nilai Kontras Radiografi (+) .....	37
<b>Tabel 4.11</b> Presentase Nilai PV terhadap Perbedaan Posisi Objek .....	38
<b>Tabel 4.12</b> Presentase Nilai Kontras terhadap Posisi Objek .....	38

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Radiologi adalah ilmu kedokteran yang dipergunakan untuk melihat organ tubuh manusia dengan menggunakan radiasi atau pancaran gelombang elektromagnetik (1). Sinar-x merupakan salah satu radiasi pengion yang terperangkap kedalam jenis gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek. Ada beberapa jenis radiasi elektromagnetik, termasuk ultra-wideband, inframerah, cahaya tampak, radio, dan televisi. Karena panjang gelombangnya yang pendek, Sinar- x memiliki daya tembus yang meningkat. Penemuan sinar-x oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895 sangat membantu dalam menggambarkan suatu organ yang mengalami kelainan.(2)

Tujuan sinar-x dalam teknologi pencitraan adalah untuk mendapatkan hasil citra organ tubuh sehingga penyakit dapat didiagnosis dengan lebih mudah. Citra digital yang dihasilkan harus optimal dan informatif, karena membutuhkan teknik pencitraan yang tepat. Kriteria pendukung yang digunakan meliputi faktor eksposi, posisi objek, dan penggunaan karakteristik tabung sinar-x. Salah satu karakteristik tabung sinar-x yang digunakan yaitu kemiringan anoda yang dibuat untuk mengarahkan berkas sinar-x ke objek. Anoda terletak di dalam tabung sinar-x dan merupakan titik fokus target elektron dari katoda. Akan tetapi, kemiringan anoda dapat menyebabkan

penyebaran intensitas sinar-x yang tidak merata sehingga mempengaruhi kualitas radiograf yang dihasilkan meskipun objek memiliki ketebalan yang sama, hal ini dikenal sebagai *Anode Heel Effect* (3). *Heel Effect* merupakan konsekuensi akibat prinsip garis fokus yaitu bahwa intensitas radiasi sinar-x di sisi katoda akan lebih besar daripada di sisi anoda. Ketika objek yang dilalui memiliki ketebalan yang berbeda, sinar-x dari sisi anoda akan melewati ketebalan yang lebih besar daripada sisi katoda (4).

Dalam pemanfaatan di instalasi Radiodiagnostik, *Heel Effect* memiliki peran penting dalam pemeriksaan *AP Vertebralis Thoracalis*, secara anatomi *Vertebralis Thoracalis* mempunyai ketebalan yang berbeda dimana semakin kebawah semakin tebal. Perbedaan ketebalan inilah yang menyebabkan kesusahan dalam pengaturan faktor eksposi yang tepat untuk menghasilkan gambaran dengan densitas yang merata dan penyebaran intensitas sinar-x yang tidak merata akan berpengaruh pada kualitas radiograf yang dihasilkan (5).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk meneliti tentang Pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap Kualitas citra pada Pemeriksaan *Columna Vertebralis Thoracalis* dengan menggunakan variasi posisi objek, parameter kualitas citra yang diukur yaitu *Pixel Value* (PV) dan Kontras radiografi. Oleh karena itu penulis mencoba meneliti untuk dijadikan Karya Tulis Ilmiah dengan Judul “Pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap Kualitas Citra Radiografi (*Pixel Value* Dan Kontras Radiografi) pada Pemeriksaan *Columna Vertebralis Thoracalis* dengan Menggunakan *Phantom* Posisi *AP Supine*”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas adalah “Berapa besar pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra pada pemeriksaan radiografi *Columna Vertebralis Thoracalis*?”

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui berapa besar pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra pada pemeriksaan radiografi *Columna Vertebralis Thoracalis*.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menganalisis kualitas citra dengan menggunakan objek *phantom Columna Vertebralis Thoracalis*.
- b. Menganalisis kualitas citra pada variasi perbedaan posisi objek.
- c. Mengukur nilai *Pixel Value* (PV) dan Kontras radiografi.

## 1.4 Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Manfaat Praktis

Manfaat dari Karya Tulis Ilmiah ini adalah untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra radiografi pada terutama pada parameter *Pixel Value* (PV) dan Kontras Radiografi.

#### **1.4.2 Manfaat Referensi**

Dapat dijadikan referensi bacaan dalam bidang Radiologi sehingga dapat mengetahui tentang teknik *Heel Effect*.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

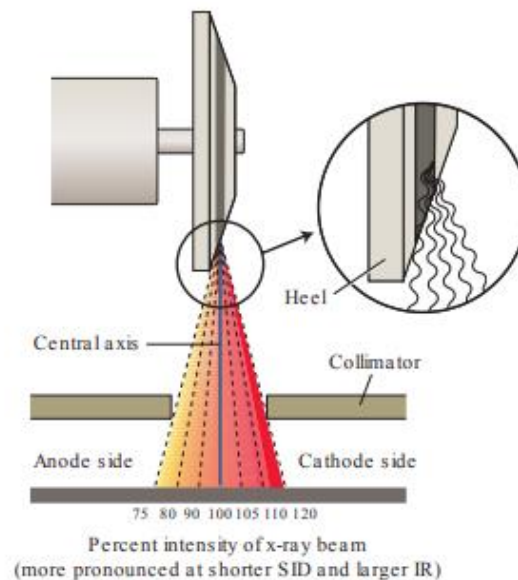
Ruang Lingkup dalam Karya Tulis Ilmiah ini hanya membahas pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra pada *Columna Vertebralis Thoracalis*, dimana parameter dari kualitas citra yang diukur yaitu *Pixel Value* (PV) dan Kontras Radiografi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN, DEFINISI OPERASIONAL

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1 Definisi Anoda *Heel Effect*



**Gambar 2.1** Anoda *Heel Effect* (6)

Intensitas radiasi yang dipancarkan dari ujung katoda tabung sinar-x lebih besar daripada yang dipancarkan dari ujung anoda, fenomena ini dikenal sebagai Anoda *Heel Effect*. Redaman atau penyerapan sinar-x yang lebih besar terjadi pada ujung anoda karena sudut anoda, sinar-x yang dipancarkan dari bagian dalam anoda harus melewati lebih banyak

bahan anoda sebelum keluar sehingga sinar-x lebih dilemahkan. Intensitas sinar-x 20% lebih banyak foton di ujung katoda dan 25% lebih sedikit foton di ujung anoda, variasi total sekitar 45% sejajar dengan sumbu anoda-katoda. Dan tidak ada variasi signifikan yang terjadi pada sumbu tegak lurus anoda-katoda (7).

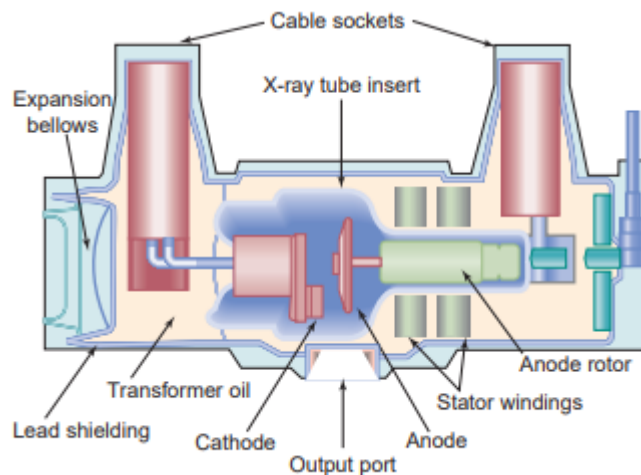
*Heel Effect* digunakan pada objek yang memiliki ketebalan yang berbeda, dengan menempatkan sisi Katoda pada objek yang lebih tebal (6). *Heel Effect* adalah perlemahan intensitas sinar-X pada sisi Anoda dan dipengaruhi oleh FFD, dimana *Heel Effect* tidak terlalu berpengaruh pada FFD yang panjang (8). *Heel Effect* terlihat lebih jelas ketika FFD pendek dan ukuran lapangan penyinaran yang luas (7). *Heel Effect* juga dipengaruhi oleh sudut Anoda (*Anode angle*), semakin kecil sudut Anoda maka semakin besar terjadinya *Heel Effect* (6). Gambar dibawah ini merupakan proyeksi dan bagian tubuh yang dapat diterapkan pada teknik *Heel Effect*.

<b>Examination</b>	<b>Position Toward the Cathode</b>	<b>Position Toward the Anode</b>
PA chest	Abdomen	Neck
Abdomen	Abdomen	Pelvis
Femur	Hip	Knee
Humerus	Shoulder	Elbow
AP thoracic spine	Abdomen	Neck
AP lumbar spine	Abdomen	Pelvis

**Gambar 2.2** Posisi Pasien yang dapat memanfaatkan *Heel Effect* (6)

Dengan demikian bisa disimpulkan bahwa *Heel Effect* adalah perlemahan intensitas sinar-X yang mengalami absorpsi pada Anoda yang menyebabkan ketidakseragaman intensitas sinar-X yang dihasilkan. *Heel Effect* dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu FFD, sudut Anoda (*Anode angle*) dan luas lapangan (*field size*). *Heel Effect* digunakan pada objek yang memiliki ketebalan yang berbeda.

### 2.1.2 Kontruksi Tabung Sinar-x



**Gambar 2.3** Skema tabung sinar-x (8)

Tabung sinar-X merupakan tempat terjadinya produksi sinar-X Bremstahlung dan mekanisme radiasi karakteristik (8). Berikut komponen penting dalam proses produksi sinar-X diantaranya :

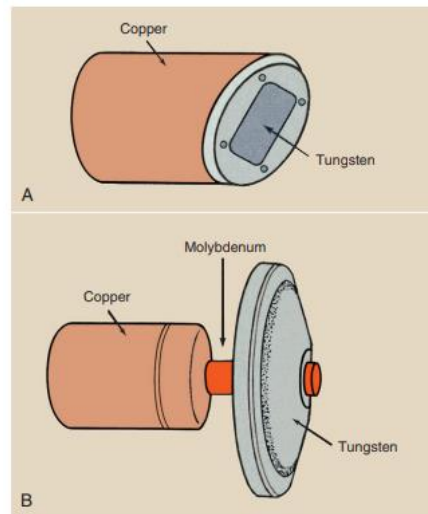
a. Katoda

Katoda adalah elektron negatif dalam tabung sinar-X dan juga sumber elektron dari tabung sinar-X, yang merupakan *filamen* kawat *Tungsten* berbentuk helical yang dikelilingi oleh *focusing cup*.

Kawat filamen secara elektrik terhubung dengan sirkuit *filamen*. Rangkaian *filamen* memberikan tegangan hingga sekitar 10 V (*Volt*) ke *filamen*, menghasilkan arus hingga sekitar 7 A (*Ampere*) melalui *filamen*. Hambatan listrik memanaskan *filamen* dan melepaskan elektron melalui suatu proses disebut *Thermionic Emission*. Elektron dibebaskan dari aliran *filamen* melalui tabung hampa pada tabung sinar-X ketika tegangan positif ditempatkan pada Anoda (8).

b. Anoda

Anoda adalah sisi positif dari tabung sinar-X, Anoda mengalirkan listrik, memancarkan panas, dan memancarkan sinar-X. Terdapat dua tipe dari Anoda, yaitu Anoda diam (*stationary anode*) dan Anoda putar (*rotating anode*) (6). Untuk menghindari kerusakan akibat panas pada tabung sinar-X, laju produksi sinar-X dan pada arus tabung yang besar, durasi produksi sinar-X harus dibatasi. *Tungsten (Wolfram)* ( $Z = 74$ ) adalah yang terbanyak digunakan pada bahan Anoda karena titik leburnya yang tinggi ( $3370^{\circ}\text{C}$ ) dan nomor atomnya yang tinggi, sehingga mampu menahan panas yang tinggi akibat tumbukan dengan elektron proyektil dan dapat meminimalkan kerusakan anoda. Sudut Anoda yang digunakan pada Radiologi diagnostik yaitu  $7^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , dengan  $12^{\circ}$ -  $15^{\circ}$  yang sering digunakan pada diagnostik (8). Dalam penggunaannya Anoda terdiri dari dua jenis, yaitu Anoda diam (*stationary anode*) dan Anoda putar (*rotating anode*) :



**Gambar 2.4** A. Anoda diam, B. Anoda putar (6)

### 1) Anoda diam

Adalah tipe yang paling sederhana, terdiri dari plat *Tungsten* yang tertanam dalam blok Tembaga. Tembaga memiliki peran ganda, yaitu menopang target *Tungsten* dan menghilangkan panas secara efisien dari target *Tungsten*. Akibat area target yang kecil membatasi tingkat pembuangan panas dan akibatnya tabung arus maksimal dibatasi. Kebanyakan pesawat Dental sinar-X, pesawat Mobile sinar-X, dan pesawat *Fluoroscopy* menggunakan tabung sinar-X Anoda diam (8).

### 2) Anoda putar

Adalah tipe Anoda yang berputar, memungkinkan elektron untuk berinteraksi dengan area target yang jauh lebih luas. Oleh karena itu, pemanasan pada Anoda tidak terpusat pada satu titik

kecil, seperti pada Anoda diam. Area target pada Anoda mencapai 1800 dengan focal spot 1 . Maka dari itu pada Anoda putar memiliki area hampir 500 kali lebih banyak untuk berinteraksi dengan berkas elektron dibandingkan dengan Anoda diam. Kapasitas panas dapat lebih ditingkatkan dengan meningkatkan kecepatan rotasi Anoda. Kebanyakan Anoda berputar berputar pada 3400 rpm (putaran per menit). Anoda tabung sinar-X berkapasitas tinggi berputar pada 10.000 rpm (6).

c. *Tube Housing*

*Tube housing* mendukung, mengisolasi, dan melindungi tabung sinar-X dari lingkungan. Diantara *insert tube* dan *housing* terdapat oli yang berfungsi untuk mereduksi panas dan mengisolasi listrik. Pada kebanyakan tabung sinar-X radiografi memiliki oli yang berfungsi meredam panas selama proses produksi sinar-X. (8).

*Tube housing* harus memiliki pelindung yang cukup untuk memenuhi federal yang membatasi tingkat paparan radiasi kebocoran hingga 100 mR/jam pada 1 m dari titik fokus saat tabung sinar-x dijalankan(8).

d. *Stator Windings*

*Stator windings* terbuat dari kombinasi logam tembaga dan *Rhenium*, merupakan alat tabung sinar-X yang berfungsi untuk memfiksasi anoda supaya tetap pada kedudukannya, karena apabila

anoda bergeser dari kedudukan awal maka akan menyebabkan distorsi citra radiografi yang tidak diharapkan dalam pemeriksaan radiografi. jika stator gagal, rotor akan berhenti memutar anoda, mengakibatkan langsung melelehnya spot pada target karena target rotating anoda tidak dirancang untuk menyerap panas dari paparan tegangan tinggi saat diam (9).

### **2.1.3 Anatomi Columna Vertebralis Thoracalis**

Secara medis, tulang belakang dikenal sebagai *columna vertebralis*. Rangkaian tulang belakang adalah sebuah struktur lentur yang dibentuk oleh sejumlah tulang yang disebut *vertebra* atau ruas tulang belakang, diantara tiap dua ruas tulang belakang terdapat bantalan tulang rawan. *Vertebrae* dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu 7 *Vertebrae Cervical*, 12 *Vertebrae Thoracalis*, 5 *Vertebrae Lumbalis*, 5 *Vertebrae Sacralis*, dan 4 *Vertebrae Coccygeus* (10). *Columna Vertebra* memiliki tiga fungsi utama yaitu, pendukung badan yang kokoh, memungkinkan dalam berbagai gerakan, dan untuk melindungi sumsum tulang belakang (11). *Columna vertebralis* juga menopang berat badan, menyediakan permukaan untuk kaitan otot, dan membentuk tepi posterior yang kukuh dan kuat untuk rongga-rongga badan dan memberi kaitan pada iga (12).

*Columna vertebra* terdiri dari 5 (lima) bagian utama, antara lain:

a. *Body*

*Body* atau tubuh adalah bagian dari kolumna vertebra yang terbagi lagi menjadi beberapa bagian, yaitu bagian anterior yang tebal dan berfungsi untuk menahan beban serta bagian superior dan inferior yang tebal dan kasar untuk tempat melekatnya diskus intervertebralis.

b. Arkus Vertebra (*Vertebral Arch*)

Arkus vertebra adalah bagian berbentuk cincin atau lengkungan tulang yang memanjang kearah posterior dari *corpus vertebra*. Permukaan posteriornya membentuk lubang melingkar yang disebut *foramen vertebralis* yang didalamnya terdapat sumsum tulang belakang. Saat beberapa vertebra tertumpuk, *foramen vertebra* akan membentuk lubang seperti tabung yang disebut *Canal vertebra* yang berfungsi untuk membungkus dan melindungi sumsum tulang belakang (7).

Di sekitar arkus vertebra terdapat pedikel yang memanjang kearah posterior di masing-masing kedua sisi bagian arkus vertebra, sedangkan bagian posterior dari arkus vertebra tersusun oleh lapisan yang disebut *Lamina*. Setiap *lamina* memanjang kearah masing-masing pedikel untuk bertemu dan bersatu di garis tengah. Terdapat pula prosesus spinosus yang merupakan bagian paling posterior dari (7).

c. Sendi di kolumna vertebra

Selain *corpus* dan *arcus vertebralis*, persendian merupakan aspek penting ketiga dari kolumna vertebralis. Beberapa sendi yang terdapat di kolumna vertebra antara lain:

1) *Intervertebral Joints*

*Intervertebral Joints* adalah sendi *amphiarthrodial* yang ditemukan di antara tubuh vertebra. Diskus *intervertebralis* yang terletak di sendi ini terikat dengan badan vertebra yang berdekatan dan berfungsi sebagai stabilitas tulang belakang, serta sebagai fleksibilitas dan pergerakan kolumna vertebra (7).

2) *Zygapophyscal Joint*

*Zygapophyscal Joint* adalah empat proses articular (*articular processes*) yang terlihat menonjol dari persimpangan pedikel dan lamina. Istilah facet (*fas'-et*) terkadang disebut juga dengan istilah *Zygapophyscal Joint*, akan tetapi facet sebenarnya hanya merupakan permukaan artikulasi bukan seluruh superior atau inferior proses articular. *Zygapophyscal Joint* disebut juga dengan istilah sendi *apophyseal* yang lebih (7).

3) *Costal Joint*

*Costal joint* atau sendi kosta adalah sendi yang terletak di sepanjang kolumna vertebra. Di daerah thoraks, 12 ribs berartikulasi dengan prosesus transversus dan badan vertebra.

Artikulasi tulang rusuk ke vertebra thoraks ini yang disebut dengan costal joint atau sendi kosta (7).

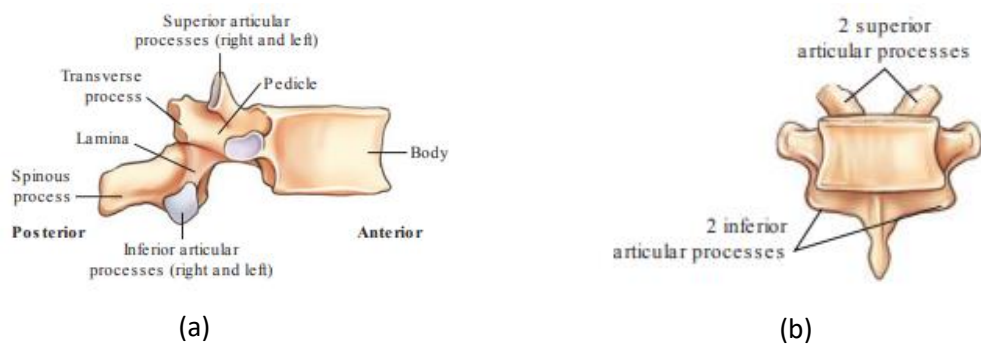
d. *Foramen Intervertebralis*

*Foramen intervertebralis* adalah lubang yang terbentuk karena penyempitan *superior vertebral notch* dan *inferior vertebral notch*. Di sepanjang permukaan atas setiap pedikel terdapat area berbentuk setengah bulan (*half-moon-shaped*) yang disebut dengan *superior vertebral notch*, sedangkan di sepanjang permukaan bawah setiap pedikel juga terdapat area berbentuk setengah bulan lainnya (*half-moon-shaped*) yang disebut *inferior vertebral notch*. Ketika vertebra bertumpuk, *superior vertebral notch* dan *inferior vertebral notch* akan berada pada satu garis dan membentuk *foramen intervertebralis*. Oleh karena itu, di antara setiap dua vertebra terdapat dua *foramen intervertebralis* yang disetiapisinya dilalui oleh saraf tulang belakang dan pembuluh darah yang penting (7).

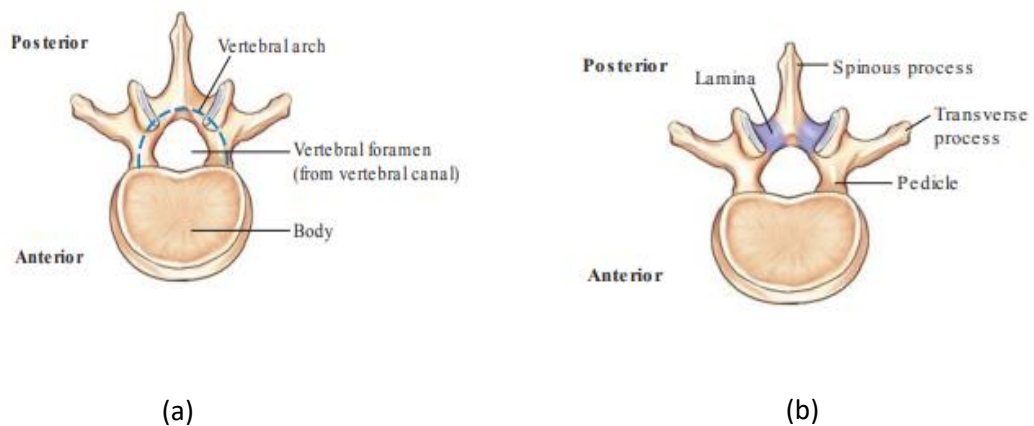
e. *Diskus Intervertebralis*

*Diskus intervertebralis* adalah salah satu bagian dari vertebra yang dipisahkan oleh diskus *fibrokartilaginosa* yang kuat dan terletak di antara setiap dua kospus vertebra, kecuali di antara vertebra cervical pertama dan kedua karena vertebra cervical pertama tidak memiliki korpus. Diskus *fibrokartilaginosa* berfungsi untuk memberikan bantalan yang kuat di antara vertebra yang dapat membantu meredam guncangan selama pergerakan vertebra. Setiap

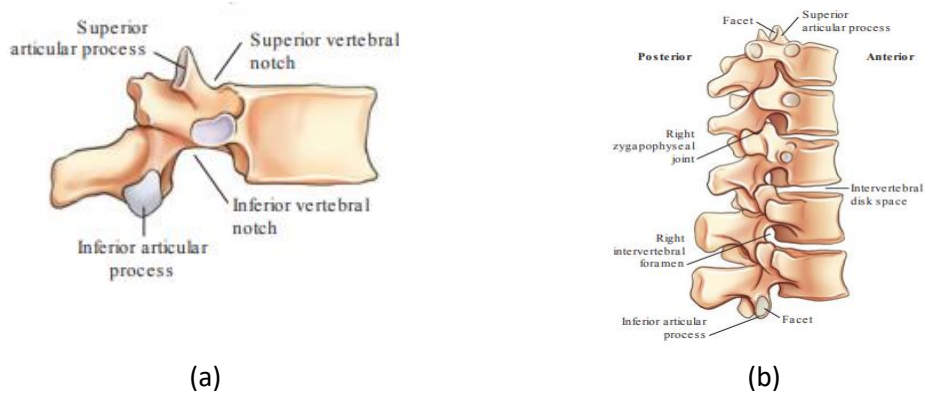
diskus *intervertebralis* terdiri dari fibrous atau serat dibagian luar yang disebut dengan *annulus fibrosus* dan bagian dalam yang lembut disebut dengan *nucleus pulposus* (7). Berikut adalah gambaran struktur yang ada pada columna vertebralis:



**Gambar 2.5** (a) Struktur utama *vertebrae*, (b) Struktur *vertebra* dari aspek *superior* (7)

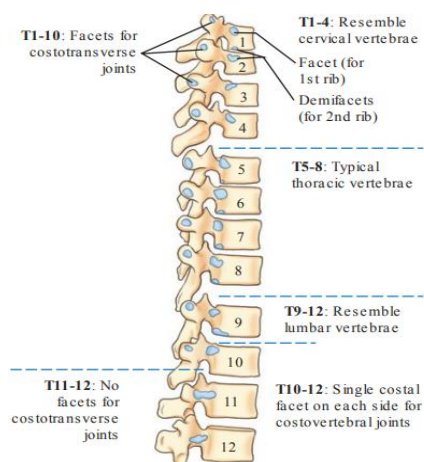


**Gambar 2.6** (a) Struktur *vertebra* dari aspek *lateral*, (b) *Articular processes* dari aspek *anterior* (7)



**Gambar 2.7** (a) *Vertebral notch - articular processes* dari aspek *lateral*, (b) *Zygapophyseal joint* dan *foramen intervetrebralis* dari aspek *lateral oblique* (7)

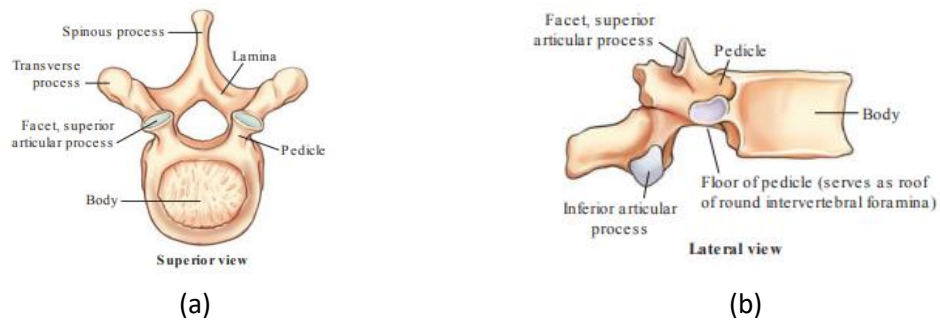
*Vertebralis thoracalis* merupakan salah satu dari ruas tulang belakang yang ukurannya lebih besar daripada *vertebralis cervical* dan memiliki 12 ruas yang semakin ke bawah akan semakin besar. Ruas-ruas *vertebra thoracal* mempunyai ciri khas yaitu mempunyai korpus yang berbentuk lonjong dan lebar seperti jantung, terdapat faset atau lekukan pada setiap sisi yang berfungsi sebagai tempat menyambungannya iga, dan *processus spinosus* yang mengarah ke bawah. Di bawah ini adalah gambaran *vertebra thoracal*:



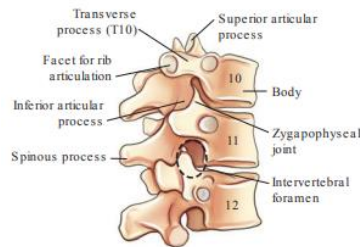
**Gambar 2.8** *Vertebralis Thoracalis* (7)

Salah satu ciri khas dari *vertebralis thoracalis* adalah setiap vertebra thoraks memiliki artikulasi atau berhubungan erat dengan sepasang tulang rusuk, hal ini berbeda dengan dua *vertebralis lumbalis*, L1 dan L2 tidak memiliki sisi untuk artikulasi tulang rusuk. Ciri khas lain dari *vertebralis thoracalis* adalah terdapat *full facet* (lekukan-lekukan) atau dua *facet parsial* yang disebut *demifacet* yang berada di setiap sisi tubuh. Setiap faset atau kombinasi dari dua *demifaset* terhubung dengan kepala ribs (tulang rusuk) untuk membentuk sendi Bernama *costovertebral joint*.

Dapat diketahui bahwa T1 memiliki *full facet* dan *demifacet* pada margin bawah, T2 – T8 memiliki *demifacet* pada margin atas dan bawahnya, T9 hanya memiliki satu *demifacet* pada margin atasnya. T10 – T12 memiliki *full facet*. Pada hubungan antara tulang rusuk dan *vertebralis thoracalis* dapat diketahui bahwa tulang rusuk 1 berartikulasi dengan T1 saja, tulang rusuk 2 berartikulasi dengan T1 dan T2, dan seterusnya. Selain *costovertebral joint*, semua dari 10 vertebra thoracalis dari T1 – T10 memiliki faset (satu pada setiap *protesus transversus*) yang berartikulasi dengan *tuberculum* tulang rusuk 1 sampai 10. Artikulasi ini yang disebut dengan *costotransversus joint* (7). Berikut adalah gambaran struktur vertebra thoracalis apabila dilihat dari beberapa aspek:



**Gambar 2.9** (a) Struktur *vertebra thoracal* dari aspek *superior*, (b) Struktur *vertebra thoracal* dari aspek *lateral* (7)



**Gambar 2.10** Struktur *vertebra thoracal* dari aspek *lateral oblique* (7)

#### 2.1.4 Kualitas Citra Radiografi

Istilah kualitas citra radiografi mengacu pada ketepatan dalam menampilkan citra radiograf. Citra radiografi yang mampu menghasilkan struktur dan jaringan dengan baik disebut *High-Quality Radiograph* (6).

Kualitas citra radiografi secara akurat merepresentasikan anatomi pada daerah yang diperiksa, dan informasi yang tervisualisasi secara baik untuk diagnosis (13). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas citra pada *Digital Radiography*, diantaranya :

a. *Brightness* (Kecerahan)

*Brightness* didefinisikan sebagai intensitas cahaya yang ditampilkan citra pada monitor. *Brigthness* adalah jumlah *luminesensi* (emisi cahaya) dari monitor layar. Citra radiografi harus menghasilkan *Brightness* atau kecerahan yang cukup untuk memvisualisasikan struktur anatomi yang diperiksa (13).

Citra digital terdiri dari elemen kotak yang disebut dengan *Pixel*. *Pixel* adalah bagian terkecil dari citra yang ditampilkan pada monitor yang diwakili oleh angka dalam komputer sebagai titik warna atau intensitas tertentu dan setiap pixel berisi angka yang mewakili tingkat *Brightness*. Setiap *Pixel* mempunyai sebuah nilai (*value atau number*) yang dipakai untuk menunjukkan intensitas keabuan pada suatu *pixel* tersebut, Ukuran *Pixel* diukur dalam mikron (100 mikron = 0,1 mm). Untuk menunjukkan intensitas keabuan citra maka setiap citra digital direpresentasikan kedalam citra derajat abu-abu (*greyscale level*) atau kode warna untuk mengetahui tingkat derajat keabuan suatu citra. Perkiraan nilai suatu citra ditentukan dari bit yang akan dipakai dan akan menunjukkan tingkat derajat keabuan (*greyscale level*) (14). *Pixel* pada jaringan dengan atenuasi tinggi (peningkatan penyerapan) seperti tulang, memiliki nilai *Pixel* rendah, namun memiliki kecerahan lebih tinggi dari *Pixel* pada jaringan dengan atenuasi sinar-X rendah (penurunan penyerapan)

b. *Contrast*

Pada *Digital Radiography*, kontras didefinisikan sebagai perbedaan antara terang dan gelap pada citra jaringan anatomi. Kontras radiografi adalah hasil gabungan dari banyak faktor yang berhubungan dengan struktur anatomis, kualitas radiasi, kemampuan reseptor gambar, dan pada *Digital Imaging* yaitu pemrosesan komputer dan tampilan. Gambar dengan kontras tinggi memperlihatkan warna abu-abu yang lebih sedikit, tetapi perbedaan yang lebih besar disekitarnya. Sedangkan gambar dengan kontras rendah memperlihatkan lebih banyak warna abu-abu, tetapi perbedaan yang lebih kecil disekitarnya (13).

c. *Spatial Resolution* (Resolusi Spasial)

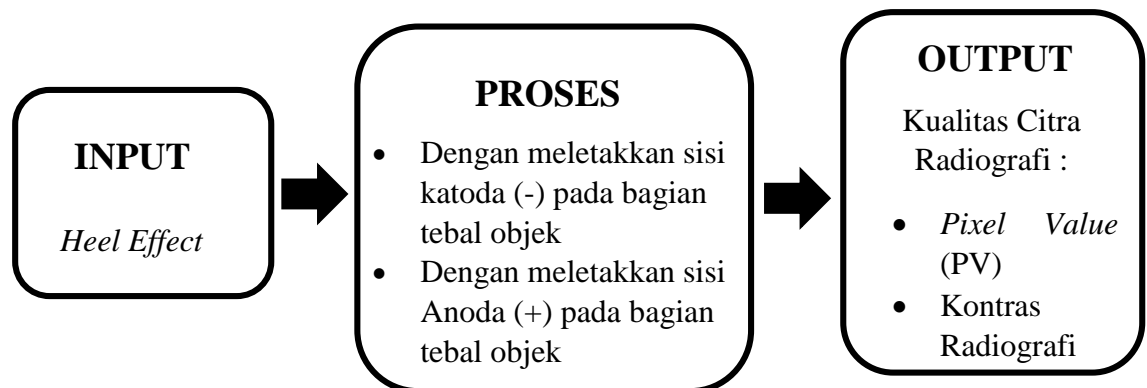
*Spatial Resolution* dalam pencitraan digital didefinisikan sebagai ketajaman atau detail struktur pada citra, sama seperti pencitraan pada film screen (6). *Spatial Resolution* mengacu pada objek terkecil yang dapat dideteksi pada dalam suatu citra. Citra radiografi yang memiliki *Spatial Resolution* yang besar meminimalisir *unsharpness* pada struktur anatomi (13).

d. *Noise*

*Noise* didefinisikan sebagai gangguan acak yang mengaburkan atau mengurangi kejelasan. Dalam gambar radiografi, ini diterjemahkan menjadi kasar atau gambar yang bintik-bintik (7).

*Signal to Noise Ratio* (SNR) merupakan salah satu cara untuk mendeskripsikan noise dalam akuisisi citra digital. SNR merupakan salah satu parameter kualitas dalam sebuah pengukuran. Parameter ini menggambarkan tingkat perbedaan antara sinyal yang diukur dengan *derau* yang juga masuk dalam hasil pengukuran. Semakin besar nilai SNR, maka sinyal dan *derau* semakin mudah dibedakan. Semakin besar nilai SNR, maka kualitas citra akan semakin baik (15).

## 2.2 Kerangka Pemikiran



## 2.3 Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
<b>A. Variabel Bebas</b>						
	<i>Heel Effect</i>	Intensitas sinar-X yang dihasilkan berbeda pada sisi Katoda dan Anoda, sisi Katoda memiliki intensitas yang lebih besar dibanding sisi Anoda.	Observasi	Lembar kerja dan ATK	<i>Pixel Value</i> (PV) dan kontras radiografi	Rasio
<b>B. Variabel Terikat</b>						
	Kualitas citra radiografi <i>Phantom Vetebralis Troracalis AP</i>	Nilai objektif dari citra radiografi pada <i>Phantom Vetebralis Troracalis AP</i>	Eksperimen	<i>Software MicroDicom</i>	<i>Pixel Value</i> (PV) dan kontras radiografi	Rasio

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan eksperimental untuk mengetahui pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina.

#### **3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina pada bulan Februari - Maret 2023.

#### **3.3 Populasi dan Sampel**

Pada penelitian ini menggunakan variasi posisi objek, *phantom Columna Vertebralis Thoracal* dan dilakukan eksposi sebanyak 6 kali dan menghasilkan 6 citra.

#### **3.4 Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian berupa *Software MicroDicom*.

#### **3.5 Metode Pengumpulan Data**

Dalam menunjang karya tulis ini, penulis membutuhkan data-data yang dikumpulkan dengan menggunakan berbagai sumber, antara lain :

1. Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan melakukan percobaan atau eksperimen yaitu menganalisa langsung *Heel Effect*.

## 2. Studi Kepustakaan

Mencari dan mengumpulkan referensi kepustakaan baik melalui buku-buku, jurnal dan sumber lain seperti internet untuk menunjang materi pembuatan karya tulis ilmiah ini.

## 3. Pengukuran

Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran, yaitu dengan mengukur *Pixel Value* (PV) dan Kontras Radiografi.

### 3.6 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dalam karya tulis ini diawali dengan pengumpulan data dan kemudian diolah, menghasilkan suatu kesimpulan untuk menjawab tujuan penulisan Karya Tulis Ilmiah. Kemudian data yang diperoleh yaitu semua hasil citra *radiograf Digital Radiography* disimpan dalam sebuah *Compact Disk* (CD). Data yang telah didapat kemudian dihitung secara kuantitatif dengan mengukur perbedaan dari nilai kualitas citra (*Pixel Value* dan Kontras Radiografi) menggunakan *Software MicroDicom* dan DR *system* dengan mengukur nilai masing-masing parameter kualitas citra di atas. Kemudian dari data yang dihasilkan diambil nilai tertinggi dari tiap masing-masing parameter kualitas citra (*Pixel Value* dan Kontras Radiografi), berapa persen pengaruh teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra radiografi pada *Digital Radiography*.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Alat dan Bahan

Setelah dilakukan penelitian tentang pengaruh teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra radiografi (*Pixel Value* Dan Kontras Radiografi) pada pemeriksaan *Columna Vertebralis Thoracalis* dengan menggunakan *Phantom* Posisi *AP Supine*. Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut :

a. Pesawat sinar-x

Nama Pesawat : General X-ray

Merk/Type : Siemens / 04803388

No. Seri : 5020313444



**Gambar 4.1** Pesawat Sinar-X (Instalasi Radiologi RSPP)

b. *Image Console* dan PC set

Penelitian ini menggunakan komputer dan memiliki format penyimpanan dengan format DICOM.



**Gambar 4.2** *Image Console* dan PC set (Instalasi Radiologi RSPP)

c. *Kaset/Flat Pannel Detector*

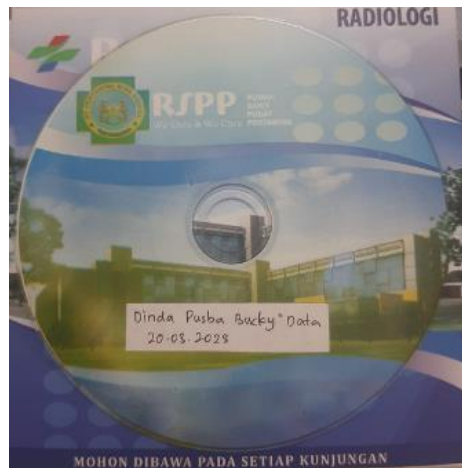
Kaset DR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ukuran 35 cm x 43 cm.



**Gambar 4.3** FPD ukuran 35 cm x 43 cm (Instalasi Radiologi RSPP)

d. *Compact Disk (CD)*

Media penyimpanan hasil citra dari pengujian yang telah dilakukan dan disimpan dalam format DICOM



**Gambar 4.4** *Compact Disk (CD)* (Instalasi Radiologi RSPP)

e. Faktor Eksposi

Objek	kV	MAs
<i>Phantom Columna Vertebralis Thoracal</i>	68	18

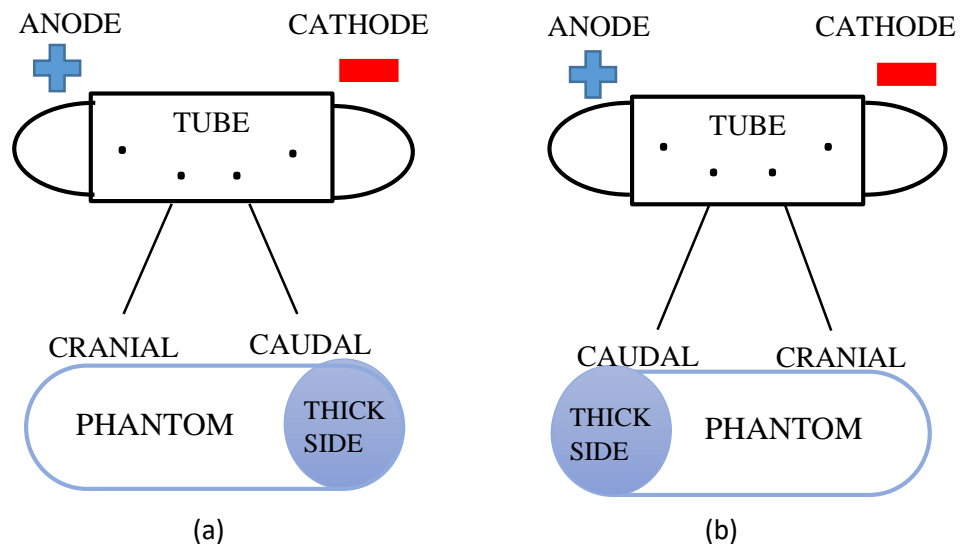
f. Phantom Radiografi



**Gambar 4.5** *Phantom Radiografi* (Instalasi Radiologi RSPP)

#### 4.1.2 Pengujian *Heel Effect*

Pengujian *Heel Effect* dilakukan pada objek yang mempunyai ketebalan yang berbeda yaitu pada *phantom Columna Vertebralis Thoracalis*. Kemudian dilakukan eksposi sebanyak 6 kali pada objek dengan variasi objek yaitu, sisi yang tebal pada sisi Katoda (-) dan sisi yang tebal pada sisi Anoda (+). Berikut contoh ilustrasi posisi objek :



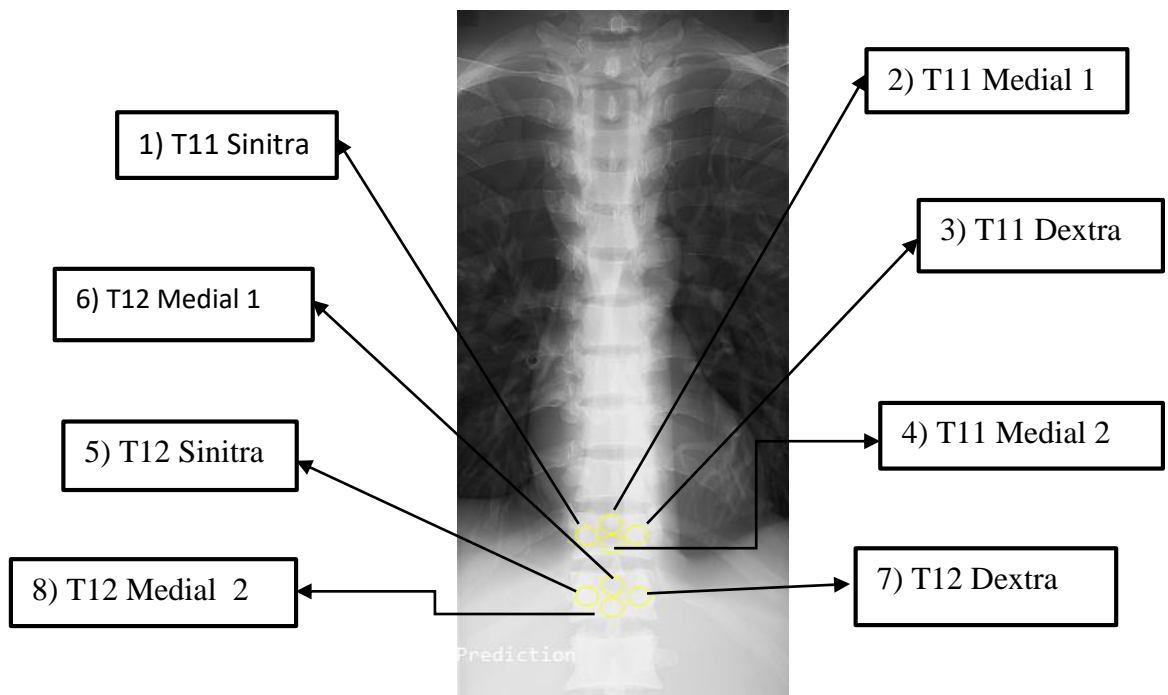
**Gambar 4.6** (a) Sisi tebal pada sisi Katoda Simbol (-), (b) Sisi tebal pada sisi Anoda Simbol (+)

##### a. Pengujian pada objek *Phantom Columna Vertebralis Thoracalis*

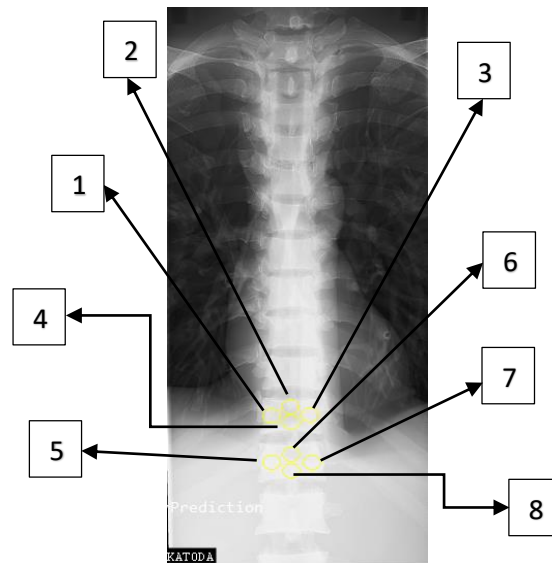
Pengujian pada objek Thoracal menggunakan kaset ukuran 35 cm x 43 cm dengan menggunakan faktor eksposi 68 kV dan 18 mAs. Lalu meletakkan objek pada pertengahan FPD dan meletakkan sisi tebal objek pada sisi Katoda (-) dengan menggunakan FFD 120 cm. Setelah selesai eksposi maka

gambaran akan langsung muncul didalam komputer. Eksposi selanjutnya dengan objek, faktor eksposi yang sama dan FFD yang sama namun dengan meletakkan sisi objek pada sisi Anoda (+).

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil citra radiografi yang disimpan ke dalam *Compact Disk* dalam format DICOM untuk kemudian diolah dengan menggunakan *Software MicroDicom Viewer*. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai *Pixel Value* (PV), kontras (PV maksimum - PV minimum) menggunakan *Software MicroDicom*, yaitu dengan melakukan ROI (*Reagen Of Interest*) dititik tertentu pada objek seperti pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.7** Daerah ROI pengukuran nilai *Pixel Thoracal*

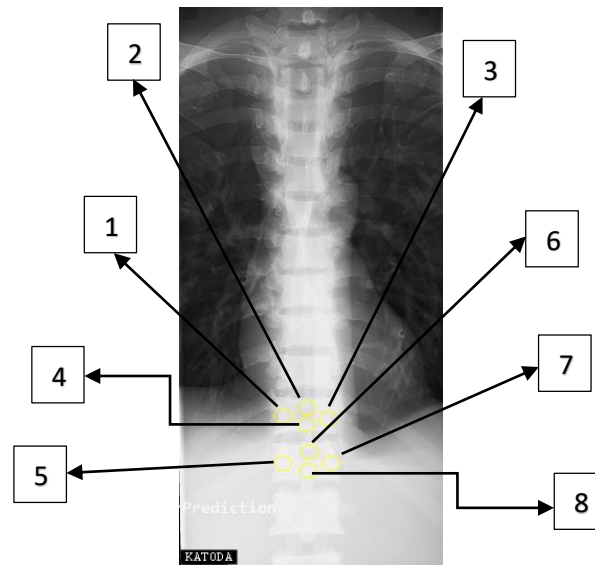
1) Hasil Uji *Heel Effect* Phantom Thoracal Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-)

**Gambar 4.8** Hasil Citra Radiografi Objek *Phantom Thoracal* Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-) Ekspos Pertama (*Software MicroDicom*)

Titik ROI	Area	PV
1	101,6	138,47
2	101,6	127,18
3	101,6	91,55
4	101,6	125,97
5	101,6	66,58
6	101,6	97,62
7	101,6	77,29
8	101,6	72,99
<b>Rata-rata :</b>		<b>99,7063</b>

**Tabel 4.1** Hasil Uji Objek Thoracal Ekspos Pertama (-)

Dari data tabel di atas diperoleh nilai PV tertinggi yaitu 138,47 dan nilai PV terendah yaitu 66,58.

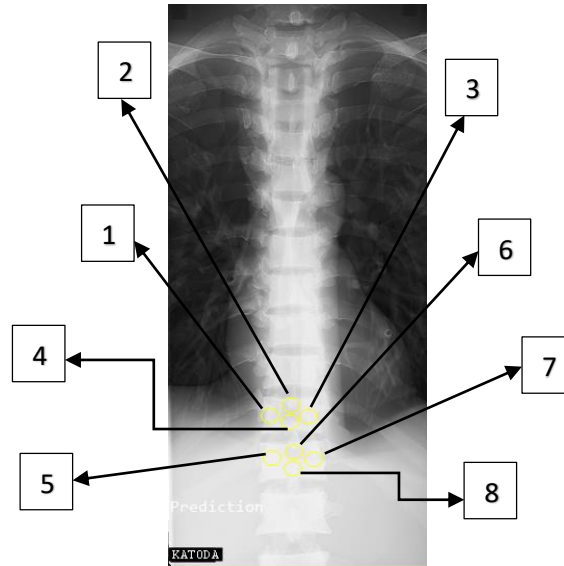


**Gambar 4.9** Hasil Citra Radiografi Objek *Phantom Thoracal* Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-) Ekspos Kedua (*Software MicroDicom*)

Titik ROI	Area	PV
1	101,6	149,16
2	101,6	121,11
3	101,6	93,96
4	101,6	102,38
5	101,6	68,05
6	101,6	92,74
7	101,6	76,81
8	101,6	71,34
<b>Rata-rata :</b>		<b>96,9438</b>

**Tabel 4.2** Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Kedua (-)

Dari data tabel di atas diperoleh nilai PV tertinggi yaitu 149,16 dan nilai PV terendah yaitu 68,05.



**Gambar 4.10** Hasil Citra Radiografi Objek *Phantom Thoracal* Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-) Ekspos Ketiga (*Software MicroDicom*)

Titik ROI	Area	PV
1	101,6	154,04
2	101,6	125,13
3	101,6	93,48
4	101,6	120,84
5	101,6	68,16
6	101,6	98,17
7	101,6	79,99
8	101,6	74,04
<b>Rata-rata :</b>		<b>101,731</b>

**Tabel 4.3** Uji Objek Thoracal Eksposi Ketiga (-)

Dari data tabel di atas diperoleh nilai PV tertinggi yaitu 154,04 dan nilai PV terendah yaitu 68,16.

<b>Eksposi ke-</b>	<b>Rata-rata PV</b>
1	99,7063
2	96,94375
3	101,731
<b>Rata-rata :</b>	<b>99,46035</b>

**Tabel 4.4** Nilai Rata-rata PV Sisi Tebal pada Sisi Katoda (-)

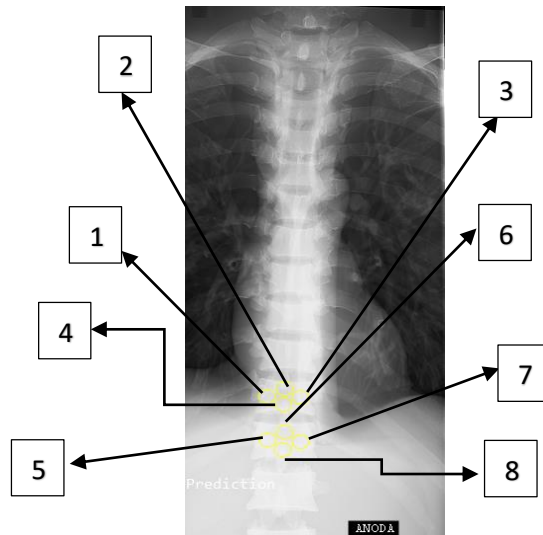
Dari data di atas diperoleh nilai rata-rata PV sisi tebal pada sisi katoda (-) sebanyak 3 kali eksposi adalah 99,46035.

<b>Thoracal Eksposi ke-</b>	<b>Kontras (PV Maks- PV Min)</b>
1	$138,47 - 66,58 = 71,89$
2	$149,16 - 68,05 = 81,11$
3	$154,04 - 68,16 = 85,88$
<b>Rata-rata :</b>	<b>79,62666667</b>

**Tabel 4.5** Nilai Rata-Rata Kontras Radiografi (-)

Dari data di atas diperoleh nilai rata-rata kontras radiografi thoracal sisi tebal pada sisi katoda (-) sebanyak 3 kali eksposi adalah 79,62666667.

## 2) Hasil Uji Heel Effect Phantom Thoracal Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+)

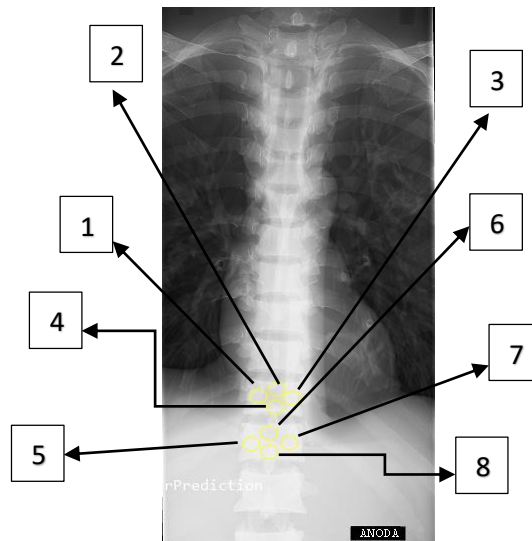


**Gambar 4.11** Hasil Citra Radiografi Objek *Phantom Thoracal* Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+) Eksposi Pertama (*Software MicroDicom*)

Titik ROI	Area	PV
1	101,6	149,8
2	101,6	125,1
3	101,6	90,93
4	101,6	114,87
5	101,6	66,31
6	101,6	92,99
7	101,6	76,46
8	101,6	69,4
<b>Rata-rata :</b>		<b>98,2325</b>

**Tabel 4.6** Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Pertama (+)

Dari data tabel di atas diperoleh nilai PV tertinggi yaitu 149,8 dan nilai PV terendah yaitu 66,31.

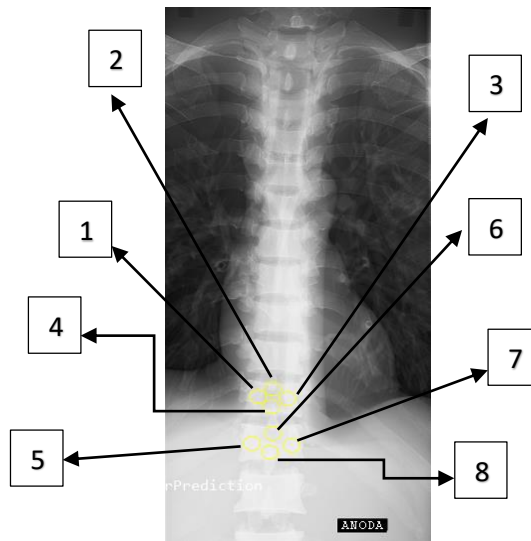


**Gambar 4.12** Hasil Citra Radiografi Objek *Phantom Thoracal* Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+) Eksposi Kedua (*Software MicroDicom*)

Titik ROI	Area	PV
1	101,6	134,18
2	101,6	124,6
3	101,6	86,09
4	101,6	109,21
5	101,6	70,48
6	101,6	94,55
7	101,6	77,75
8	101,6	69,92
<b>Rata-rata :</b>		<b>95,8475</b>

**Tabel 4.7** Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Kedua (+)

Dari data tabel di atas diperoleh nilai PV tertinggi yaitu 134,18 dan nilai PV terendah yaitu 69,92.



**Gambar 4.13** Hasil Citra Radiografi Objek *Phantom Thoracal* Sisi Tebal pada Sisi Anoda (+) Eksposi Ketiga (*Software MicroDicom*)

Titik ROI	Area	PV
1	101,6	135,87
2	101,6	130,61
3	101,6	95,45
4	101,6	118
5	101,6	69,79
6	101,6	97,87
7	101,6	75,94
8	101,6	71,12
<b>Rata-rata :</b>		<b>99,3313</b>

**Tabel 4.8** Hasil Uji Objek Thoracal Eksposi Ketiga (+)

Dari data tabel di atas diperoleh nilai PV tertinggi yaitu 135,87 dan nilai PV terendah yaitu 69,79.

<b>Eksposi ke-</b>	<b>Rata-rata PV</b>
1	98,2325
2	95,8475
3	99,3313
<b>Rata-rata :</b>	<b>97,80376667</b>

**Tabel 4.9** Nilai Rata-rata PV Sisi Tebal objek pada Sisi Anoda (+)

Dari data di atas diperoleh nilai rata-rata PV sisi tebal objek pada sisi Anoda (+) sebanyak 3 kali eksposi adalah 97,80376667.

<b>Thoracal Eksposi ke-</b>	<b>Kontras (PV Maks- PV Min)</b>
1	$149,8 - 66,31 = 83,49$
2	$134,18 - 69,92 = 64,26$
3	$135,87 - 69,79 = 66,08$
<b>Rata-rata :</b>	<b>71,27666667</b>

**Tabel 4.10** Nilai Kontras Radiografi (+)

Dari data di atas diperoleh nilai rata-rata kontras radiografi thoracal sisi tebal objek pada sisi anoda (+) sebanyak 3 kali eksposi adalah 71,27666667.

### 4.1.3 Hasil Perbedaan Nilai *Pixel Value* (PV) dan Kontras Radiografi terhadap Perbedaan Posisi Objek *Phantom Thoracal*

a) Perbedaan Nilai PV terhadap Perbedaan Posisi Objek

Objek	PV	Presentase
Thoracal (-)	99,46035	51%
Thoracal (+)	97,80377	49%

**Tabel 4.11** Presentase Nilai PV terhadap Perbedaan Posisi Objek

Dari data tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai PV Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Katoda (-) lebih besar 2% dibandingkan dengan nilai PV Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Anoda (+).

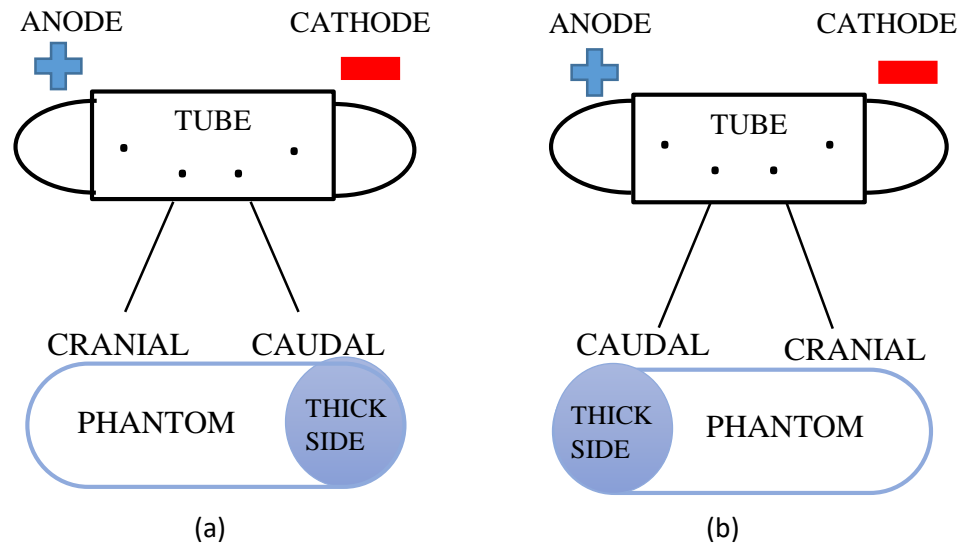
b) Perbedaan Nilai Kontras Terhadap Perbedaan Posisi Objek

Objek	Kontras	Presentase
Thoracal (-)	79,62666667	53%
Thoracal (+)	71,27666667	47%

**Tabel 4.12** Presentase Nilai Kontras terhadap Posisi Objek

Dari data tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai Kontras Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Katoda (-) lebih tinggi 6% dibandingkan dengan nilai Kontras Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Anoda (+).

## 4.2 Pembahasan



Dari Tabel 4.11 yaitu presentase perbedaan nilai *Pixel Value* (PV) terhadap perbedaan posisi *Phantom Thoracal*, diperoleh bahwa nilai PV tertinggi diperoleh ketika meletakkan sisi tebal objek pada sisi Katoda (-). PV tertinggi diperoleh pada objek *Phantom Thoracal* yaitu senilai 99,46035 pada penggunaan FFD 120 dan faktor eksposi yang sama, tetapi ketika meletakkan sisi tebal objek pada sisi Anoda (+), nilai *Pixel Value* cenderung lebih rendah yaitu senilai 97,80377. Maka dari data tabel 4.11 dapat diketahui bahwa nilai PV Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Katoda (-) lebih besar 2% dibandingkan dengan nilai PV Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Anoda (+).

Dari tabel 4.12 tersebut juga diperoleh bahwa kontras radiografi tertinggi diperoleh ketika meletakkan sisi tebal pada sisi Katoda (-) yaitu senilai 79,62666667 pada penggunaan FFD 120 dan faktor eksposi yang sama. Dan

pada tabel tersebut dapat dilihat pula ketika sisi tebal objek diletakkan pada sisi Anoda cenderung lebih rendah yaitu senilai 71,27666667. Maka dari data Tabel 4.12 dapat diketahui bahwa nilai Kontras Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Katoda (-) lebih tinggi 6% dibandingkan dengan nilai Kontras Thoracal Sisi Tebal objek paada Sisi Anoda (+).

## BAB V

### Kesimpulan dan Saran

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian pengaruh Teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra radiografi (*Pixel Value* dan Kontras Radiografi) pada pemeriksaan *Columna Vertebralis Thoracalis* dengan menggunakan *Phantom* Posisi *AP Supine*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- $PV_{(-)} > PV_{(+)} = 2\%$

Didapatkan nilai *Pixel Value* (PV) Sisi Tebal objek pada Sisi Katoda (-) lebih besar 2% dibandingkan dengan nilai PV Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Anoda (+).

- $Kontras_{(-)} > Kontras_{(+)} = 6\%$

Didapatkan nilai Kontras Sisi Tebal objek pada Sisi Katoda (-) lebih tinggi 6% dibandingkan dengan nilai Kontras Thoracal Sisi Tebal objek pada Sisi Anoda (+).

- Pada pengujian teknik *Heel Effect* pada *Phantom Columna Vertebralis Thoracalis* posisi *AP Supine* dengan menggunakan faktor eksposi (68 kV, 18 mAs) dan FFD (120 cm) yang sama. Hasil yang didapatkan akan lebih optimal saat meletakkan sisi tebal objek pada sisi katoda (-).

Berdasarkan hal tersebut diatas menunjukkan bahwa adanya pengaruh teknik *Heel Effect* terhadap kualitas citra radiografi. Teknik *Heel Effect* dapat dipengaruhi pada objek yang memiliki panjang dan ketebalan yang berbeda.

## **5.2 Saran**

Penelitian ini hanya melakukan eksperimen terjadinya *Heel Effect* dengan menggunakan satu posisi objek, faktor eksposi, dan FFD yang sama.

Perlu dikembangkan dan dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai Teknik *Heel Effect* dengan berbagai variasi posisi objek, variasi FFD, penggunaan *High kV* Teknik dan penggunaan Grid. Untuk mendapatkan kualitas citra radiografi yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Prabowo M, Muhimmah I, Kurniawan R. Pemodelan Pengiriman Data Citra Medis untuk Konsultasi Radiologi. Semin Nas Inform Medis VIII. 2017;76.
2. Sudatri NW, Suartini NM, Agung A, Alit S, Yulihastuti DA, Hewan LF, et al. Kualitas Spermatozoa Mencit yang Terpapar Radiasi Sinar-X Secara Berulang. 2015;16(1):56–61.
3. Satwika LGP, Ratini NN, Iffah M. Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X terhadap Signal to Noise Ratio ( SNR ) dengan Penerapan Anode Heel Effect menggunakan Stepwedge. Bul Fis [Internet]. 2021;22:20–8.
4. Metaningrum R, Astuti U, Raharjo BB. Pengukuran Letak Anoda Terhadap Dosis Yang Diterima Pasien Pada Pemeriksaan Vertebra Thoracal Proyeksi Ap. 2016;01(04):1–23.
5. Amroji A, Halimahtusyadiah. Homogenisasi Densitas Foto Vertebrae Thoracal Proyeksi Antero Posterior (Ap). J Radiogr Indones. :2–5.
6. Bushong SC. Radiologic Science for Technologists. 2017;1–29.
7. Bontrager's KL, Lampignano JP. Radiographic Positioning and Related Anatomy. 2018.
8. Bushberg et al. The Essential Physics of Medical Imaging. In Medical Physics (Vol. 30). Vol. 180, American Journal of Roentgenology. 2012. 596–596 p.

9. Carlton RR, Adler AM, Balac V. Principles of Radiographic Imaging: An Art and a Science 6th Edition. Beam's Eye View Imaging in Radiation Oncology. 2017. 61–86 p.
10. Paulsen W dan. Sobotta Atlas of Human Anatomy Vol. 1 General Anatomy and Musculoskeletal System. Vol. 1. 2011.
11. Oliver J, Middleditch A. Functional anatomy of the Spine. Vol. 6, Clinics in Podiatric Medicine and Surgery. 1991. 229–246 p.
12. Pearce EC. Anatomi dan fisiologi untuk paramedis. PT Gramedia Pustaka Utama; 2016.
13. Fauber T. Radiographic Imaging and Exposure. Radiographic Imaging and Exposure. Elsevier Inc.; 2016. 182 p.
14. Prasetio A. Citra Digital Dan Algoritma Penerapannya. 2021;4–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.31237/osf.io/7amr8>
15. Louk A, Suparta G. Pengukuran Kualitas Sistem Pencitraan Radiografi Digital Sinar-X. Berk MIPA. 2014;24(2):149–66.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### BIODATA

NAMA : DINDA PUSBA LIAN DINI  
NIM : 32201006  
TTL : KARANG JAYA, 12 AGUSTUS 2003  
AGAMA : ISLAM  
ALAMAT : KARANG JAYA, RT 005 / RW 000, KEL. KARANG JAYA,  
KEC. KARANG JAYA, MUSI RAWAS UTARA – SUMATERA  
SELATAN  
No. HP : 085664618634  
EMAIL : [dindapusba@gmail.com](mailto:dindapusba@gmail.com)

### PENDIDIKAN FORMAL

2008-2014 : SD Negeri 2 Karang Jaya  
2014-2017 : SMP Negeri Karang Jaya  
2017-2020 : SMA Negeri Karang Jaya  
2020-2023 : Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi STIKes  
PERTAMEDIKA

### PENGALAMAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN

**PKL 1:** Rumah Sakit Pusat Pertamina  
**PKL 2:** Rumah Sakit Pusat Pertamina  
**PKL 3:** Rumah Sakit Pusat Pertamina  
**PKL 4:** Rumah Sakit Pusat Pertamina

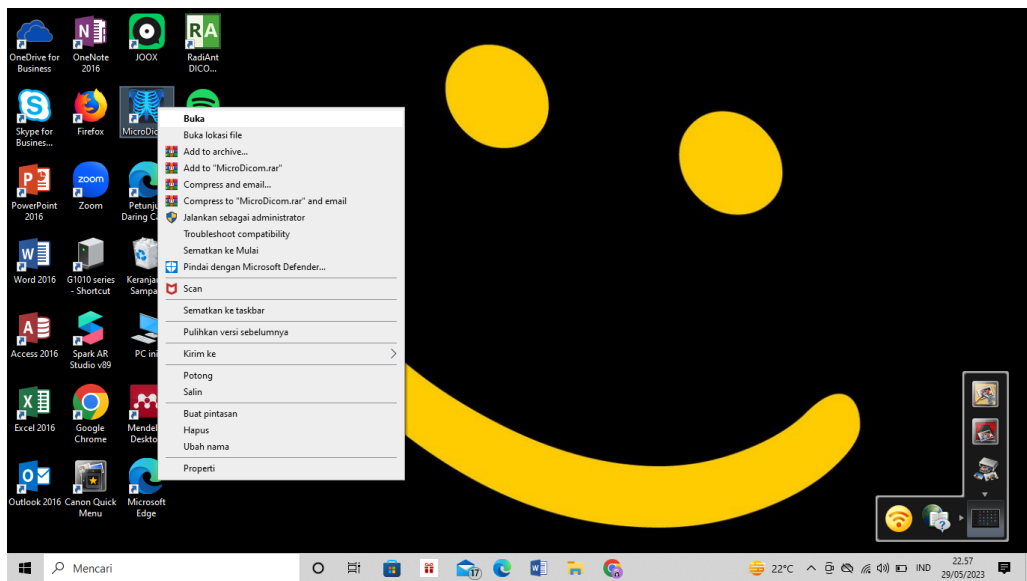
KONVENSIONAL  
CT SCAN  
KONVENSIONAL  
MRI

## LAMPIRAN

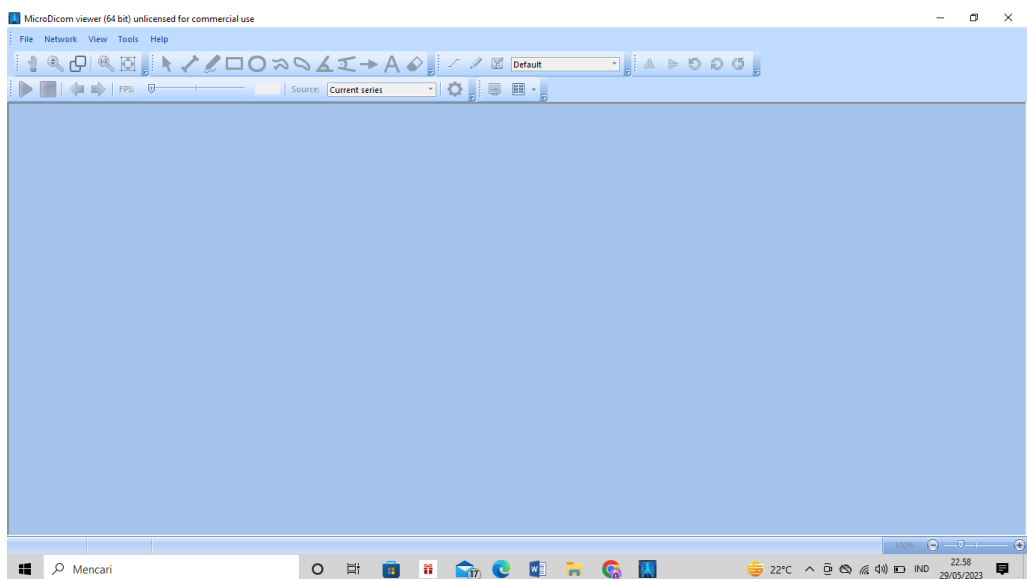
### Lampiran 1

#### Tata Cara Penggunaan *Software MicroDicom*

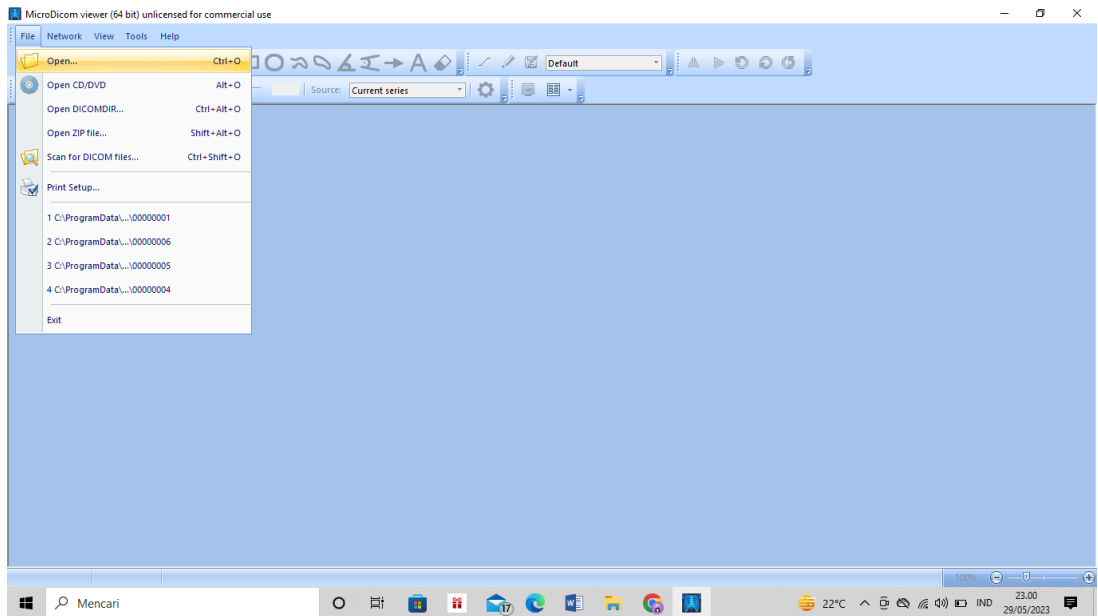
1. Pertama buka *Software MicroDicom*



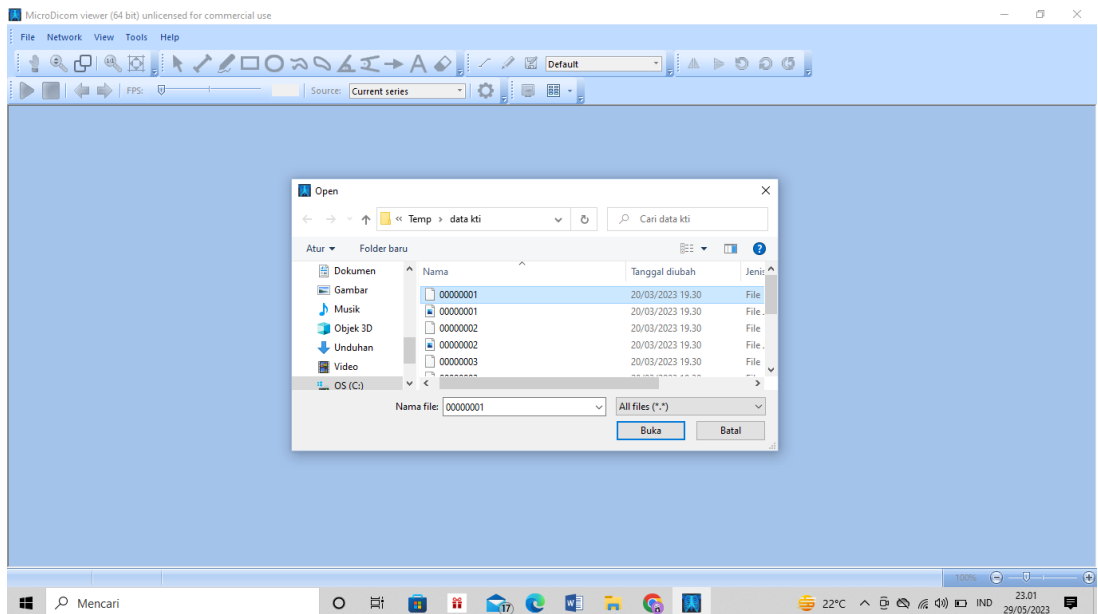
2. Setelah itu muncul tampilan *Software MicroDicom* seperti tampilan dibawah ini



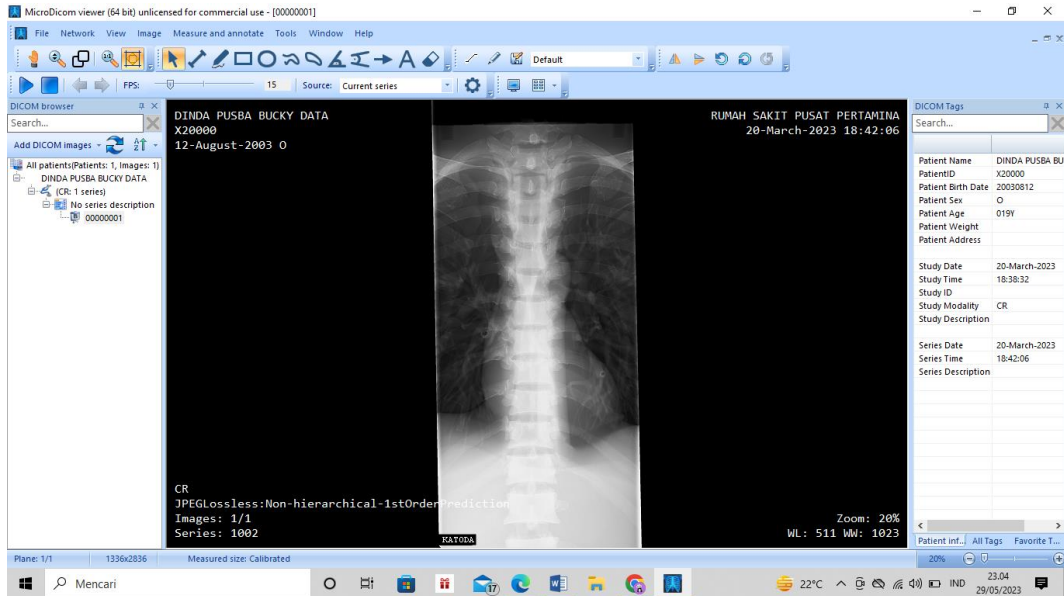
3. Lalu pilih menu *File* pada task bar, lalu klik *Open* untuk membuka *File* yang kita inginkan.



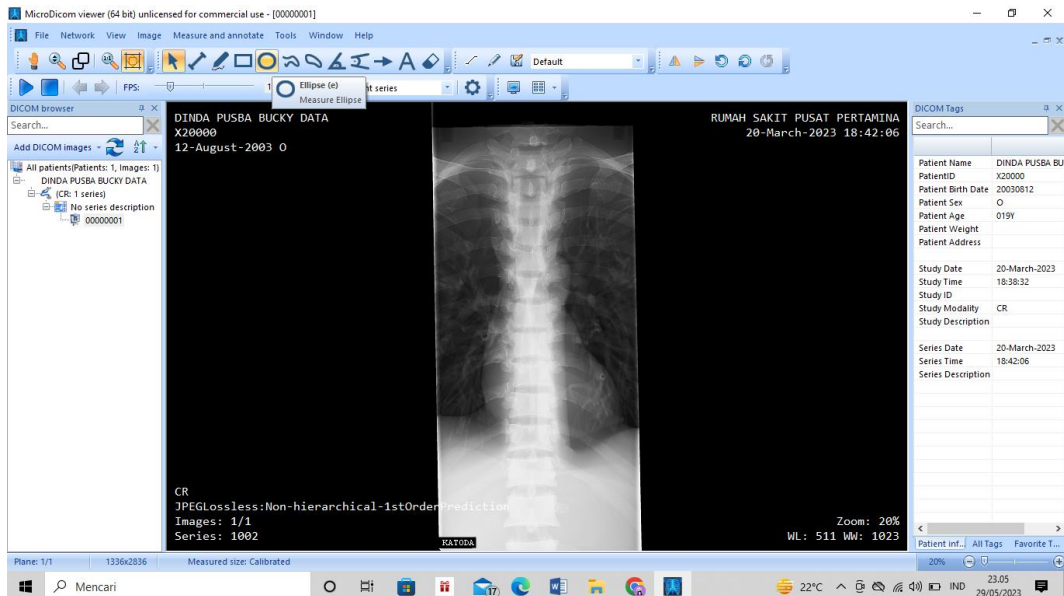
4. Pilih *File* gambar yang akan dianalisa dalam bentuk format *DICOM*.



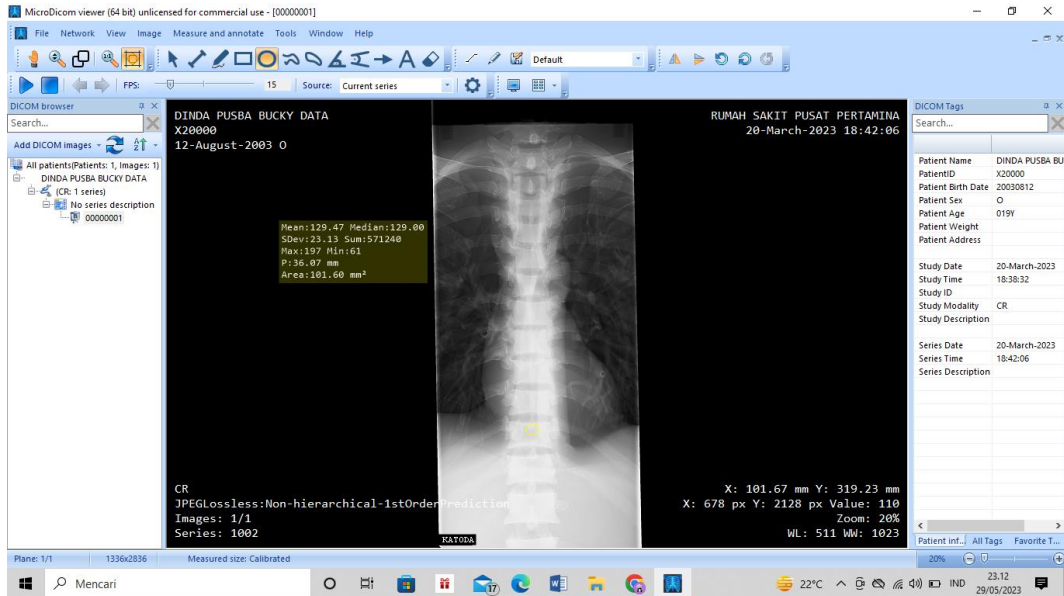
5. Lalu akan muncul gambar seperti ini



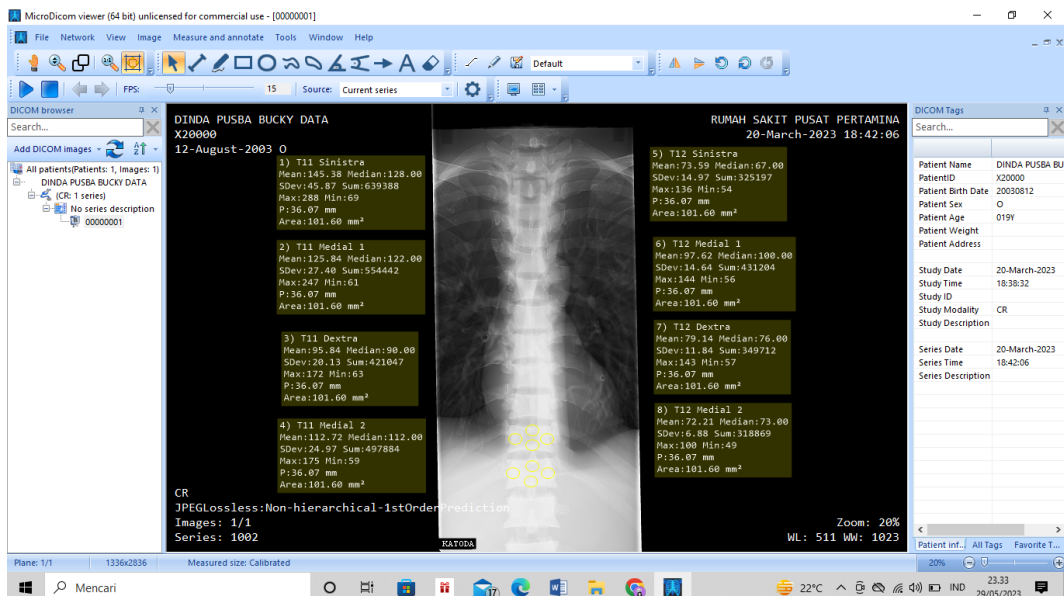
6. Pilih menu "Ellipse" pada task bar



7. Lakukan titik ROI pada daerah yang diinginkan, makan hasil yang dibutuhkan akan muncul dengan sendirinya, seperti gambar dibawah ini.



8. Lalu lakukan ROI berulang di titik tertentu sesuai yang dibutuhkan.



## Lampiran 2

### Surat Permohonan Izin Peminjaman *Phantom*



**SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN PERTAMEDIKA  
(STIKes PERTAMEDIKA)**

Jl. Bintaro Raya No. 10, Tanah Kusir – Kebayoran Lama Utara – Jakarta Selatan 12240  
Telp. (021) 7234122, 7207184, Fax. (021) 7234125  
Website : [www.stikes-pertamedika.ac.id](http://www.stikes-pertamedika.ac.id), Email : [stikespertamedika@gmail.com](mailto:stikespertamedika@gmail.com)

No : 101/I14000/2023-S0  
Lampiran : 1 Lampiran  
Perihal : Permohonan Izin Peminjaman Phantom

Kepada Yth  
Kepala Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi  
Poltekkes Kemenkes Jakarta II  
Di-  
Tempat

Sehubungan dengan penelitian dan penyusunan Karya Tulis Ilmiah (KTI) pada Mahasiswa D3 Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi maka kami bermaksud meminjam phantom untuk melakukan penelitian adapun peminjaman phantom tersebut akan dipinjam, pada:

Hari, tanggal : Senin, 20 Maret 2023  
Pukul : 15.00 – Selesai

Adapun peminjaman phantom ini bertujuan untuk dilakukan penelitian dalam penyusunan KTI.

Demikian surat permohonan izin ini kami sampaikan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 13 Maret 2023  
Prodi DIII Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi  
STIKES PERTAMEDIKA  
Ketua,



Abdul Gamal S, SKM, MKKK