

**ESTIMASI DOSIS RADIASI DAN FAKTOR RISIKO PADA  
PEMERIKSAAN *COMPUTED TOMOGRAPHY SCAN* ABDOMEN  
DI RUMAH SAKIT ISLAM (RSI) SULTAN AGUNG SEMARANG**

**Skripsi**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
dalam Ilmu Fisika



Oleh :

**RIMA MIZA KHOIRIYYAH**

NIM : 1508026002

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2020**



**ESTIMASI DOSIS RADIASI DAN FAKTOR RISIKO PADA  
PEMERIKSAAN *COMPUTED TOMOGRAPHY SCAN* ABDOMEN  
DI RUMAH SAKIT ISLAM (RSI) SULTAN AGUNG SEMARANG**

**Skripsi**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
dalam Ilmu Fisika



Oleh :

**RIMA MIZA KHOIRIYYAH**

NIM : 1508026002

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2020**

### PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Rima Miza Khoiriyah

NIM : 1508026002

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

ESTIMASI DOSIS RADIASI DAN FAKTOR RISIKO PADA PEMERIKSAAN  
*COMPUTED TOMOGRAPHY SCAN* ABDOMEN DI RUMAH SAKIT ISLAM (RSI)  
SULTAN AGUNG SEMARANG

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian / karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang  
dirujuk sumbernya.

Semarang, 26 Maret 2020

Pembuat Pernyataan,



Rima Miza Khoiriyah

NIM. 1508026002



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jalan. Prof. Dr. Hamka Kampus 2 Ngaliyan Semarang 50185Telp. (024) 76433366

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : *Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan Computed Tomography Scan Abdomen di Rumah Sakit Islam (RSI) Sultan Agung Semarang*

Pemulis : Rima Miza Khoiriyah

NIM : 1508026002

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang mmaqosah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Fisika.

Semarang, 27 Maret 2020

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

M. Arifli Khalif, M.Sc  
NIP. 198210092011011010

Penguji II,

Edi Daenuri Anwar, M.Si  
NIP. 197907262009121002

Penguji III,

Agus Sudarmanto, M.Si  
NIP. 197708232009121001

Penguji IV,

Andi Fadlan, M.Sc  
NIP. 198009152005011006

Pembimbing I,

Edi Daenuri Anwar, M.Si  
NIP. 197907262009121002

Pembimbing II,

Agus Sudarmanto, M.Si  
NIP. 197708232009121001

**NOTA DINAS**

Semarang, 24 Maret 2020

Kepada Yth.  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

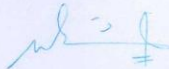
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan *Computed Tomography Scan* Abdomen di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang**  
Penulis : Rima Miza Khoiriyah  
NIM : 1508026002  
Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang munaqasyah.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Pembimbing I,



**Edi Daenuri Anwar, M.Si**

NIP.197907262009121002

**NOTA DINAS**

Semarang, 26 Maret 2020

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan *Computed Tomography Scan* Abdomen di Rumah Sakit Islam (RSI) Sultan Agung Semarang**  
Penulis : Rima Miza Khoiriyah  
NIM : 1508026002  
Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang munaqosyah.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Perbimbingan  


**Agus Sudarmanto, M.Si**

NIP. 197708232009121001

## ABSTRAK

Radiodiagnostik adalah salah satu cara untuk mengetahui suatu penyakit didalam tubuh menggunakan radiasi pengion berupa sinar-x. Dosis radiasi yang diterima pasien dapat mengakibatkan perubahan pada sistem biologis dan dapat menimbulkan risiko kanker. Abdomen merupakan rongga terbesar dalam tubuh yang berbentuk seperti tabung yang panjang dan meluas. Didalam rongga abdomen terdapat organ-organ yang memiliki sensitifitas yang berbeda-beda terhadap radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis radiasi dan besarnya faktor risiko yang ditimbulkan akibat pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen. Data yang diteliti sebanyak 25 data pasien. Dosis radiasi atau dosis efektif merupakan perkalian *Dose Length Product* (DLP) dengan faktor bobot jaringan abdomen. Faktor risiko kanker diperoleh dari perkalian dosis efektif dengan 0,0055 % per mSv, sedangkan faktor risiko hereditas didapatkan dari perkalian dosis efektif dengan 0,0002% per mSv. Hasil penelitian menunjukkan dosis efektif rata-rata sebesar 7,7 mSv dengan faktor risiko kanker rata-rata sebesar 0,042% dan faktor risiko hereditas rata-rata sebesar 0,0015%.

Kata kunci : Dosis Radiasi, Dosis efektif, Dosis Ekuivalen Organ, Faktor Risiko



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan *Computed Tomography Scan* Abdomen di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang”. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rosulullah SAW.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, nasihat, bimbingan, motivasi, doa dan peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag selaku Rektor UIN Walisongo Semarang
2. Dr. H. Ismail M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
3. Agus Sudarmanto, M.Si selaku ketua jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
4. Edi Daenuri Anwar, M.Si selaku Pembimbing I dan Agus Sudarmanto, M.Si selaku Pembimbing II yang berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun skripsi ini
5. Segenap dosen fisika UIN Walisongo Semarang yang telah mencurahkan segenap ilmunya kepada penulis
6. Slamet Riyanto, S.Si selaku penanggung jawab Instalasi Radiologi RSI Sultan Agung beserta para staf direksi RSI Sultan Agung Semarang yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian ini

7. Bapak Ahmad Imam Muttaqin dan Mama Nur Hasanah selaku orang tua penulis yang telah memberikan cinta, kasih sayang, ilmu dan doa yang tiada henti-hentinya
8. Suami Dedy Nugroho dan Anakku Saddam Zayn Muhammad yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
9. Teman-teman seperjuangan Fisika Medis dan Fisika 2015 UIN Walisongo Semarang yang senantiasa membantu dan menyemangati penulis
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, dorongan, bimbingan serta doa kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan kesempurnaan hasil yang didapat. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagia para pembaca.

Semarang, 22 Maret 2020  
Penulis

Rima Miza Khoiriyah  
NIM. 1508026002

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>NOTA DINAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	7
E. Sistematika Penulisan.....	7
<b>BAB II : LANDASAN TEORI</b>	
A. Landasan Teori.....	9
1. Radiasi .....	9
2. Sinar-X.....	14
3. CT Scan.....	17
4. Dosis pada CT Scan.....	19
5. Dosis radiasi.....	20
6. Faktor Risiko.....	25
7. Abdomen .....	27
B. Kajian Pustaka.....	30
<b>BAB III : METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian.....	35
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
C. Alat Penelitian.....	36

D. Prosedur Pengambilan Data.....	38
1. Pengumpulan Data.....	38
2. Perhitungan Dosis Efektif.....	39
3. Perhitungan Dosis Ekivalen Organ.....	40
4. Perhitungan Faktor Risiko Kanker.....	41
5. Perhitungan Faktor Risiko Hereditas.....	41
<b>BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Pengumpulan Data.....	43
B. Perhitungan Dosis Efektif.....	45
C. Perhitungan Dosis Ekivalen Organ.....	51
D. Perhitungan Faktor Risiko Kanker.....	60
E. Perhitungan Faktor Risiko Hereditas.....	61
<b>BAB V : PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan .....	63
B. Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Faktor bobot radiasi untuk beberapa jenis dan energi radiasi.....	22
<b>Tabel 2.2</b>	Faktor bobot jaringan yang direkomendasikan dalam satuan mSv.....	23
<b>Tabel 2.3</b>	Koefisien <i>k</i> berdasarkan usia dan bagian tubuh yang dipindai.....	24
<b>Tabel 2.4</b>	Dosis efektif dalam berbagai pemeriksaan.....	25
<b>Tabel 2.5</b>	Koefisien risiko yang disesuaikan dengan kerugian ( $10^{-2}$ per Sv) untuk efek stokastik setelah terpapar radiasi pada tingkat dosis rendah.....	27
<b>Tabel 4.1</b>	Data DICOM hasil pemeriksaan CT Scan abdomen satu fase dan tiga fase pada tegangan 120 Kv.....	45
<b>Tabel 4.2</b>	Dosis efektif pasien pemeriksaan CT Scan abdomen.....	47
<b>Tabel 4.3</b>	Nilai rata-rata DLP pada setiap kisaran <i>scan length</i> .....	48
<b>Tabel 4.4</b>	Nilai rata-rata dosis efektif pasien terhadap kisaran <i>scan length</i> .....	50
<b>Tabel 4.5</b>	Dosis ekuivalen organ per pasien.....	53
<b>Tabel 4.6</b>	Nilai rata-rata dosis ekuivalen organ dengan faktor bobot berbeda pada setiap kisaran <i>scan length</i> .....	56
<b>Tabel 4.7</b>	Faktor risiko kanker dan hereditas pasien.....	62

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Skema terjadinya efek fotolistrik.....	11
<b>Gambar 2.2</b>	Skema terjadinya hamburan Compton.....	12
<b>Gambar 2.3</b>	Skema terjadinya produksi pasangan.....	13
<b>Gambar 2.4</b>	Proses terjadinya sinar-X.....	14
<b>Gambar 2.5</b>	Spektrum energi sinar-X.....	15
<b>Gambar 2.6</b>	MSCT merk GE LightSpeed 64 slice.....	18
<b>Gambar 2.7</b>	Anatomi organ abdomen.....	28
<b>Gambar 2.8</b>	Bidang bayangan pembagian abdomen.....	29
<b>Gambar 3.1</b>	Skema pemeriksaan CT Scan abdomen.....	38
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik hubungan rata-rata <i>scan length</i> dengan rata-rata DLP.....	49
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik hubungan rata-rata <i>scan length</i> dengan rata-rata dosis efektif pasien.....	50
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik hubungan rata-rata <i>scan length</i> dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,12.....	56
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik hubungan rata-rata <i>scan length</i> dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,08.....	57
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik hubungan rata-rata <i>scan length</i> dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,04.....	57
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik hubungan rata-rata <i>scan length</i> dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,01.....	58

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Radiasi secara umum diartikan sebagai pancaran. Salah satu sumber radiasi adalah matahari. Matahari merupakan sumber radiasi karena memancarkan radiasi berupa cahaya. Cahaya matahari mencapai bumi tanpa adanya medium, sehingga pada prinsipnya radiasi cahaya adalah perpindahan cahaya tanpa adanya medium (Akhadi, 2000).

Berdasarkan sumbernya, radiasi dibagi menjadi radiasi alam dan radiasi buatan. Radiasi alam (radiasi latar) dibagi menjadi dua berdasarkan asal sumbernya, yaitu radiasi terestrial (berasal dari permukaan bumi) dan radiasi ekstra terestrial (berasal dari angkasa luar). Radiasi buatan terbentuk melalui proses fisi, proses aktivasi maupun transmutasi lain. Unsur-unsur radioaktif buatan yang terlepas ke lingkungan dapat berperan sebagai sumber radiasi buatan. Selain dari unsur-unsur radioaktif, radiasi buatan dapat berasal dari sumber pesawat sinar-X dan akselerator (Akhadi, 2000).

Berdasarkan sifat ionisasinya, radiasi dibagi menjadi radiasi bukan pengion dan radiasi pengion.

Radiasi bukan pengion yaitu radiasi yang tidak memiliki kemampuan mengionisasi materi yang dilaluinya, sedangkan radiasi pengion adalah radiasi yang mengionisasi materi yang dilaluinya sehingga terbentuklah ion positif dan ion negatif. Radiasi pengion dibagi menjadi dua, yaitu radiasi elektromagnetik dan radiasi partikel. Kemudian radiasi partikel dibagi menjadi dua lagi, yaitu radiasi partikel bermuatan listrik dan tidak bermuatan listrik (Akhadi, 2000).

Penggunaan radiasi pengion dalam dunia medis salah satunya adalah radiodiagnostik. Radiodiagnostik adalah salah satu cara untuk mengetahui suatu penyakit dalam tubuh menggunakan radiasi pengion berupa sinar-X (BAPETEN, 2011). Sinar-X yang digunakan untuk kebutuhan medis dapat dihasilkan menggunakan pesawat sinar-X konvensional, *mobile X-ray*, CT Scan, mammografi, fluoroskopi, *panoramic*.

Sinar-X diproduksi dalam suatu tabung vakum sinar katoda dengan cara menembaki target logam (nomor atom dan suhu leleh yang tinggi) dengan elektron yang dipercepat gerakannya menggunakan tegangan antara  $10^2$ - $10^6$  volt. Elektron ini dihasilkan



dari pemanasan filamen yang berfungsi sebagai katoda, sedangkan target logamnya berfungsi sebagai anoda. Elektron yang menabrak logam akan memancarkan sinar-X yang disebut dengan sinar-X *Bremsstrahlung*. Sinar-X ini memiliki energi maksimal yang sama dengan energi kinetik elektron pada saat perlambatan (Akhadi, 2000).

Abdomen merupakan rongga terbesar dalam tubuh yang berbentuk lonjong dan meluas. Batas-batas abdomen yaitu diafragma di bagian atas, panggul di bagian bawah, sisi abdominal di bagian depan, di bagian samping kanan kiri adalah tulang-tulang *illiaka*, di bagian belakang tulang punggung dan otot *psaos*. Sebagian besar rongga abdomen berisi sistem pencernaan dan sistem urinari (Pearce, 2012).

Penyakit yang diderita manusia seringkali berasal dari rongga abdomen. Indikasi pemeriksaan CT Scan pada rongga abdomen diantaranya dugaan adanya tumor didalam rongga abdomen, cedera pada rongga abdomen, kolik abdomen, dan lain-lain.

Salah satu alat diagnosa yang digunakan untuk mengetahui adanya gangguan rongga abdomen adalah CT Scan. CT Scan generasi terbaru saat ini adalah CT

Scan generasi ketujuh atau dikenal dengan *Multi Slice Computed Tomography Scan*. Hasil pencitraan yang diperoleh lebih akurat dibanding dengan generasi-generasi sebelumnya, sehingga citra dapat diolah sesuai dengan kebutuhan dokter. CT Scan memiliki keunggulan dibanding alat diagnosis lain, namun tidak dapat diabaikan adanya dosis radiasi serta faktor risiko yang didapat rongga abdomen.

Salah satu perhatian dari para ahli radiologi, dokter dan pasien adalah dosis radiasi yang dihasilkan pesawat CT Scan. Dosis radiasi yang diterima pasien dapat menimbulkan perubahan pada jaringan atau organ dan dapat menimbulkan risiko kanker. Efek biologis dari radiasi juga dapat ditimbulkan dari sensitifitas biologis organ yang terpapar radiasi atau disebut dengan dosis efektif.

Radiasi dosis rendah dapat memicu perubahan pada molekul dan sel yang dapat menyebabkan perubahan genetik sel, sehingga terbentuk sel baru yang bersifat abnormal. Sel abnormal dapat menjadi sel kanker dan atau kerusakan genetik yang diwariskan (hereditas) (Alatas, 2006). Hal ini biasa

disebut dengan faktor risiko kanker dan faktor risiko hereditas.

Oleh karena itu, diperlukan adanya estimasi dosis radiasi untuk mengetahui persentase risiko kanker dan faktor risiko hereditas yang diterima pasien akibat radiasi pengion yang dipancarkan CT Scan pada pemeriksaan abdomen sehingga dapat diketahui besarnya efek somatik yang ditimbulkan akibat dari pemeriksaan ini.

Penggunaan CT Scan untuk pemeriksaan rongga abdomen banyak dijumpai di rumah sakit. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui dosis radiasi dan faktor risiko yang diterima pasien pada pemeriksaan CT Scan abdomen.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul "Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan *Computed Tomography Scan* Abdomen di Rumah Sakit Islam (RSI) Sultan Agung Semarang".

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Berapa dosis radiasi yang diterima oleh pasien pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen?
2. Berapa besar faktor risiko yang diterima pasien pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui dosis radiasi yang diterima pasien pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen.
2. Mengetahui besar faktor risiko yang diterima pasien pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Sebagai sumber informasi terkait dosis radiasi dan faktor risiko pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen.
2. Sebagai bahan referensi untuk penelitian yang berkaitan dengan dosis radiasi dan faktor risiko pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen.

#### **E. Sistematika Penulisan**

Skripsi ini terbagi dalam lima bab yang terdiri dari beberapa sub-bab. Berikut sistematika penulisannya :

##### **Bab I Pendahuluan**

Menjabarkan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

##### **Bab II Landasan Teori**

Menjabarkan teori-teori dasar dan kajian pustaka yang digunakan pada penelitian.

**Bab III Metode Penelitian**

Menjabarkan mengenai jenis dan pendekatan penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur penelitian.

**Bab IV Hasil Dan Pembahasan**

Menjelaskan hasil perhitungan dosis radiasi dan faktor risiko pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen.

**Bab V Kesimpulan dan Saran**

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari pembahasan yang telah dijabarkan.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Landasan Teori

##### 1. Radiasi

Radiasi diartikan sebagai pancaran. Salah satu sumber radiasi adalah matahari. Matahari merupakan sumber radiasi karena memancarkan radiasi berupa cahaya. Cahaya matahari mencapai bumi tanpa adanya penghantar, sehingga prinsip radiasi cahaya adalah perpindahan cahaya tanpa adanya penghantar (Akhadi, 2000).

وَقَدَّرَهُ هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا  
مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ  
إِلَّا بِالْحَقِّ ۗ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

*"Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya tempat-tempat bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui."* (QS. Yunus : 5)

Berdasarkan sifat ionisasinya, radiasi dibagi menjadi radiasi bukan pengion dan radiasi

pengion. Radiasi pengion yaitu radiasi yang dapat mengionisasi materi yang dilaluinya sehingga terbentuklah ion positif dan ion negatif. Radiasi pengion dibagi menjadi dua, yaitu radiasi elektromagnetik dan radiasi partikel. Radiasi elektromagnetik dikelompokkan berdasarkan frekuensi atau panjang gelombangnya. Berikut adalah daftar radiasi elektromagnetik berurutan dari frekuensi rendah ke tinggi dan panjang gelombang tinggi ke rendah (Akhadi, 2000).

- a. Gelombang radio
- b. Gelombang televisi
- c. Gelombang radar
- d. Sinar infra merah
- e. Cahaya tampak
- f. Sinar ultraviolet
- g. Sinar-X
- h. Sinar- $\gamma$

Dari daftar di atas, yang merupakan radiasi pengion adalah sinar-X dan sinar- $\gamma$ .

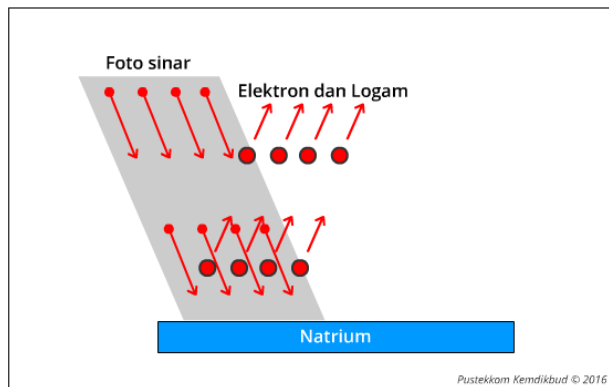
Apabila radiasi elektromagnetik melewati bahan penyerap, maka intensitas radiasi akan berkurang. Ada tiga proses utama yang terjadi



apabila radiasi elektromagnetik melewati bahan penyerap, antara lain (Akhadi, 2000) :

a. Efek fotolistrik

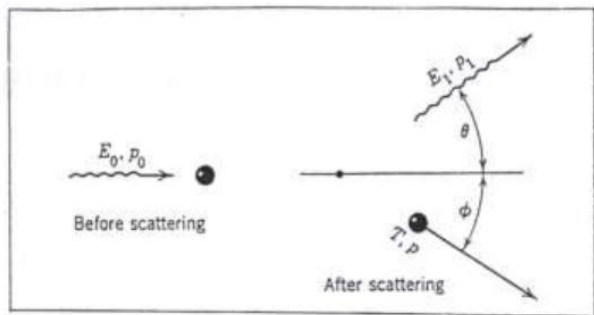
Peristiwa ini terjadi ketika energi foton diserap secara keseluruhan oleh elektron yang terikat kuat pada suatu atom hingga terlepas dari ikatan inti atom. Elektron yang terlepas kemudian disebut fotoelektron. Efek fotolistrik terjadi pada materi dengan nomor atom besar dan foton energi rendah (antara 0,01 MeV – 0,5 MeV).



Gambar 2.1 Skema terjadinya efek fotolistrik (KEMENDIKBUD 2016, diakses 9 Desember 2019)

b. Hamburan Compton

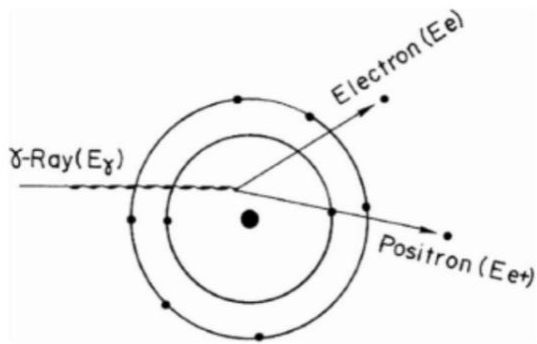
Hamburan Compton terjadi ketika foton berinteraksi dengan elektron bebas yang tidak terikat kuat pada inti dan kemudian terhambur ke arah yang berbeda. Elektron dilepas dari ikatan inti atom kemudian bergerak dengan energi kinetik tertentu disertai dengan foton hamburan yang membentuk sudut  $\theta$  terhadap arah foton datang. Energi foton datang diserap atom kemudian diubah menjadi energi kinetik elektron dan foton hamburan yang memiliki energi yang lebih rendah (Akhadi, 2000).



Gambar 2.2 Skema terjadinya hamburan Compton (UNTAD n.d, diakses 8 Januari 2020)

c. Produksi pasangan

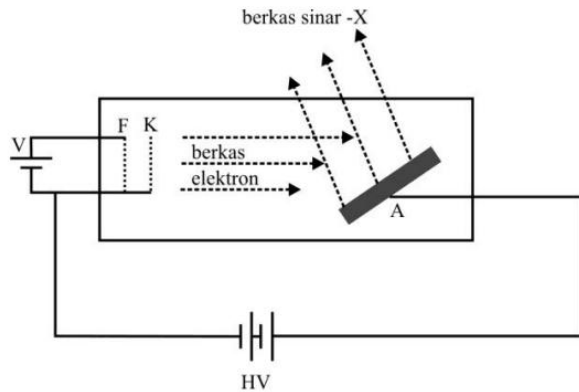
Produksi pasangan terjadi akibat adanya interaksi foton dengan medan listrik dalam inti atom berat. Proses ini terjadi hanya pada medan listrik di sekitar partikel bermuatan, terutama pada medan sekitar inti. Foton dianggap berinteraksi dengan atom secara menyeluruh sehingga foton akan hilang dan kemudian muncul sepasang elektron-positron. Massa diam elektron atau positron ekuivalen dengan 0,51 MeV, sehingga produksi pasangan hanya dapat terjadi pada energi foton datang  $\geq 1,02$  MeV (Akhadi, 2000).



Gambar 2.3 Skema terjadinya produksi pasangan (Researchgate 2004, diakses 9 Desember 2019)

## 2. Sinar-X

Sinar-X adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang 10-0,01 nm, frekuensi 30-30.000 pHz ( $10^{15}$  Hz) dan energi 100-100.000 eV. Sinar-X ditemukan Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 (Akhadi, 2000).

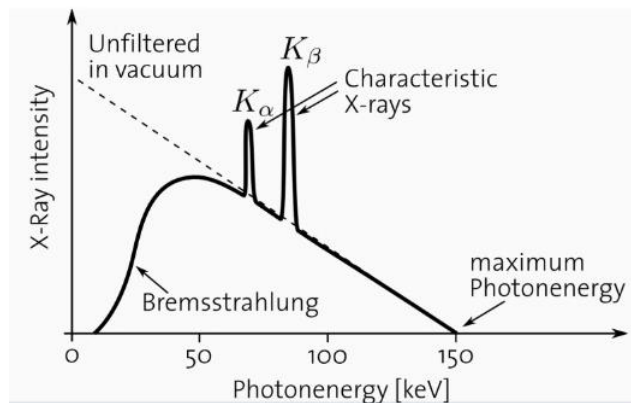


Gambar 2.4 Proses terjadinya sinar-X (UT n.d, diakses 8 Januari 2020)

Sinar-X adalah radiasi pengion yang dibangkitkan menggunakan pesawat sinar-X. Sinar-X diproduksi dalam tabung vakum sinar katoda dengan menembaki target logam (nomor atom dan suhu leleh yang tinggi) dengan elektron yang dipercepat gerakannya menggunakan tegangan antara  $10^2$ - $10^6$  volt. Elektron ini merupakan hasil dari pemanasan filamen yang berfungsi sebagai

katoda, sedangkan target logamnya berfungsi sebagai anoda. Elektron yang menabrak logam akan memancarkan sinar-X yang disebut dengan sinar-X *Bremsstrahlung*. Sinar-X ini memiliki energi maksimal yang sama dengan energi kinetik elektron pada saat perlambatan (Akhadi, 2000). Sinar-X juga dapat diproses pada perpindahan elektron dari tingkat energi tinggi ke energi rendah atau disebut dengan sinar-X karakteristik.

Sinar-X *Bremsstrahlung* memiliki spektrum energi yang kontinu, sedangkan sinar-X karakteristik memiliki energi yang diskrit (Akhadi, 2000).



Gambar 2.5 Spektrum energi sinar-X (Oncology Medical Physics 2017, diakses 19 November 2019)

Sinar-X memiliki sifat-sifat khusus, antara lain :

- a. Daya tembus yang dipengaruhi oleh tegangan tabung dan kepadatan suatu benda.
- b. Dapat menimbulkan radiasi hambur akibat pertebaran berkas sinarnya.
- c. Dapat diserap oleh suatu bahan yang memiliki kepadatan bahan tertentu.
- d. Dapat menghitamkan emulsi film.
- e. Dapat menyebabkan pemendaran cahaya.
- f. Menimbulkan ionisasi.
- g. Menimbulkan perubahan biologis pada jaringan.

Sinar-X menimbulkan efek biologis bagi tubuh. *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) menjabarkan efek radiasi pengion terhadap tubuh manusia menjadi dua yaitu efek stokastik dan efek deterministik. Efek stokastik merupakan suatu efek yang tidak dapat dipastikan terjadinya terhadap individu namun dapat diperkirakan berdasarkan data statistik yang ada. Efek stokastik dapat berupa kerusakan somatik (contohnya kanker) atau kerusakan genetik (cacat pada keturunan) (Akhadi, 2000). Kemunculan efek deterministik biasanya akan

muncul beberapa saat setelah penerimaan dosis radiasi. Efek deterministik memiliki dosis ambang, sehingga tingkat keparahannya bergantung dari tingkat dosis yang diterima (Akhadi, 2000).

### 3. CT Scan

*Computed Tomography Scanner* (CT Scan) ditemukan pertama kali oleh ilmuwan asal Inggris Godfrey Newbold Hounsfield pada tahun 1972 (Munir, 2011). *Computed Tomography Scan* (CT Scan) merupakan pesawat sinar-X yang menggunakan metode pencitraan tomografi yang diproses secara digital. CT Scan dapat membuat gambar tiga dimensi organ internal tubuh dari pencitraan sinar-X dua dimensi yang dihasilkan sejumlah data dasar yang dapat dimanipulasi sesuai pencitraannya (BAPETEN, 2011).

Generasi terbaru dari CT Scan adalah *Multi Slice Computed Tomography Scanning* (MSCT) 64 *slice* yang mampu menghasilkan gambar tubuh manusia lebih akurat dibandingkan dengan generasi terdahulu. Tabung sinar-X pada MSCT berputar secara stasioner dan memancarkan sinar-X secara kontinyu. Meja pasien bergerak maju

melewati bidang penyinaran, sehingga dihasilkan 64 *slice* dalam satu kali putaran *gantry*. Lintasan yang terbentuk oleh rotasi tabung sinar-X terhadap pasien yang bergerak seolah-olah membentuk lintasan menyerupai spiral, sehingga MSCT dikenal dengan *spiral CT* atau *helical CT* (Sofiana, 2012).



Gambar 2.6 MSCT merk GE LightSpeed 64 *slice* (Complete Medical Services n.d, diakses 8 Januari 2020)

CT Scan memerlukan suatu uji kesesuaian yang dilakukan secara berkala guna menghindari penerimaan dosis radiasi yang berlebihan pada saat melakukan *scanning*. Uji kesesuaian pesawat sinar-X telah diatur dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional.



#### 4. Dosis pada CT Scan

##### a. *Computed Tomography Dose Index (CTDI)*

CTDI menyatakan dosis serap rata-rata pada sumbu z. CTDI dapat memperkirakan rata-rata dosis pada bagian dalam dari volume scan yang terdiri dari beberapa bagian (AAPM, 2008).

$$\text{CTDI} = \frac{1}{NT} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz \quad (2.1)$$

Dimana :

$D(z)$  : radiasi profil dosis sepanjang sumbu z

$N$  : jumlah gambaran tomografi pada satu gambaran scan axial

$T$  : lebar dari scan tomografi sepanjang gambaran sumbu z dengan satu data channel

##### b. *Weighted CTDI<sub>w</sub>*

Nilai dari  $\frac{1}{3}$  dan  $\frac{2}{3}$  kira-kira berjumlah dari relatif area yang diperlihatkan oleh nilai tengah dan tepi (AAPM, 2008).

$$\text{CTDI}_w = \frac{1}{3} \text{CTDI}_{100,\text{center}} + \frac{2}{3} \text{CTDI}_{100,\text{edge}} \quad (2.3)$$

c. Volume CTDI<sub>vol</sub>

$$\text{CTDI}_{\text{vol}} = \frac{N \times T}{I} \times \text{CTDI}_{\text{w}} \quad (2.4)$$

$I$  = pergerakan meja per *axial scan* (mm)

*Pitch* merupakan rasio pergerakan meja per rotasi ( $I$ ) pada total jumlah lebar kolimasi ( $N \times T$ ).

$$\text{Pitch} = \frac{1}{N \times T} \quad (2.5)$$

Sehingga volume CTDI menjadi

$$\text{CTDI}_{\text{vol}} = \frac{1}{\text{pitch}} \times \text{CTDI}_{\text{w}} \quad (2.6)$$

d. *Dose Length Product* (DLP)

*Dose Length Product* (DLP) menyatakan total energi yang diserap serta efek biologi yang diakibatkan oleh pengambilan scan (AAPM, 2008).

$$\text{DLP} = \text{CTDI}_{\text{vol}} \times \text{Scan Length} \quad (2.7)$$

## 5. Dosis Radiasi

a. Dosis Serap ( $D$ )

Dosis radiasi yaitu jumlah radiasi dalam suatu medan radiasi atau jumlah energi radiasi yang diterima materi yang dilaluinya (BAPETEN, 2011). Dosis radiasi disebut juga dengan dosis

serap. Satuan dosis serap adalah joule per kg atau setara dengan gray (Gy). Satu gray merupakan dosis radiasi yang diserap dalam satu joule per kg (BATAN, 2009).

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (2.8)$$

b. Dosis Ekivalen ( $D_{Ek}$ )

Dosis ekivalen merupakan besaran dosis yang digunakan proteksi radiasi dalam menyatakan kerusakan jaringan tubuh akibat terserapnya energi radiasi dengan memperhatikan dosis dan jenis radiasi serta faktor lainnya (BAPETEN, 2011). Dosis ekivalen merupakan perkalian dosis serap ( $D$ ) dengan faktor kualitas ( $Q$ ) (BATAN, 2009).

$$D_{Ek} = D \times Q \quad (2.9)$$

Besaran berupa jumlah radiasi yang menimbulkan kerusakan pada organ dinamakan faktor bobot radiasi ( $W_R$ ). Faktor kualitas ( $Q$ ) dalam radiasi dinyatakan dengan faktor bobot radiasi ( $W_R$ ). Satuan dosis ekivalen adalah Sievert (Sv). Berikut persamaan dosis ekivalen (BATAN, 2009).

$$D_{Ek} = D \times W_R \quad (2.10)$$

Tabel 2.1 Faktor bobot radiasi untuk beberapa jenis dan energi radiasi (Akhadi, 2000)

<b>Jenis dan rentang energi radiasi</b>	<b><math>W_R</math></b>
Foton semua energi	1
Elektron dan muon, semua energi	2
Neutron energi $\leq 10$ keV	5
Neutron 10 keV – 100 keV	10
Neutron 100 keV – 2 MeV	20
Neutron 2 MeV – 20 MeV	10
Neutron energi $> 20$ MeV	5
Proton selain proton terpental (recoil) energi $> 2$ MeV	5
Partikel $\alpha$ , hasil belah, inti berat	20

Efek biologis yang ditimbulkan radiasi berasal dari dosis radiasi yang mengenai organ dan juga dari sensitifitas biologi organ yang terpapar radiasi.  $W_T$  adalah faktor bobot jaringan. DLP pada CT Scan menyatakan total energi yang diserap, sehingga persamaan dosis ekivalen organ pada CT Scan menjadi :

$$D_{Ek} = DLP \times W_T \quad (2.11)$$

Tabel 2.2 Faktor bobot jaringan yang direkomendasikan dalam satuan mSv (ICRP 103, 2007)

<b>Jenis jaringan atau organ</b>	<b><math>W_T</math></b>
Sumsum merah tulang	0,12
Usus besar	0,12
Paru-paru	0,12
Lambung	0,12
Payudara	0,12
Organ lain	0,12
Gonad	0,08
Kandung kemih	0,04
Kerongkongan	0,04
Hati	0,04
Kelenjar tiroid	0,04
Permukaan tulang	0,01
Otak	0,01
Kelenjar ludah	0,01
Kulit	0,01
<b>Total</b>	<b>1,00</b>

Organ lain yaitu adrenal, daerah ekstratorak (ET), kandung empedu, jantung, ginjal, kelenjar getah bening, otot, oral mukosa, pankreas, prostat/uterus, usus kecil, limpa, dan kelenjar timus.

c. Dosis Efektif ( $D_{Eff}$ )

Dosis efektif yaitu besaran dosis yang digunakan dalam proteksi radiasi. Dosis efektif adalah perkalian antara dosis ekuivalen organ

dengan faktor bobot jaringan (BAPETEN, 2011). Satuan dosis efektif adalah Sievert (biasanya mSv yang digunakan pada radiodiagnostik) (BATAN, 2009). Dosis efektif pada CT Scan diperoleh dari perkalian *Dose Length Product* (DLP) dengan koefisien  $k$  (AAPM, 2008).

$$D_{\text{Eff}} = \text{DLP} \times k \quad (2.12)$$

Tabel 2.3 Koefisien  $k$  berdasarkan usia dan bagian tubuh pasien yang dipindai (AAPM, 2008)

Tubuh	Koefisien $k$ (mSv.mGy <sup>-1</sup> .cm <sup>-1</sup> ) berdasarkan usia (tahun)				
	0	1	5	10	Dewasa
Kepala dan leher	0,013	0,0085	0,0057	0,0042	0,0031
Kepala	0,011	0,0067	0,0040	0,0032	0,0021
Leher	0,017	0,012	0,011	0,0079	0,0059
Dada	0,039	0,026	0,018	0,013	0,014
Abdomen dan pelvis	0,049	0,030	0,020	0,015	0,015
<i>Trunk</i>	0,044	0,028	0,019	0,014	0,015

Tabel 2.4 Dosis efektif dalam berbagai pemeriksaan (Tsapaki, 2011)

<b>Pemeriksaan</b>	<b>Dosis efektif (mSv)</b>
Radiografi abdomen	0,7
CT dada atau abdomen	8,0
Pemeriksaan CT hati 3 fase	15,0
Biopsi dengan panduan CT	23,0
Ablasi RF yang dipandu CT	35,0
Ablasi RF yang dipandu CT berulang	112,0
CT angiografi koroner	10,0
Angiografi koroner	8,0
Pemindaian jantung thallium	35,0
CT urografi	14,8
CT kolonografi	5,1
CT abdomen neonatal	13,1
CT abdomen usia 1 tahun	11,1
Radiasi alam tahunan	2,0

## 6. Faktor Risiko

Radiasi dosis rendah dapat memacu terjadinya perubahan molekul dan sel yang menyebabkan perubahan genetik sel hingga terbentuk sel baru yang bersifat abnormal. Sel abnormal ini memiliki potensi menjadi sel kanker atau kerusakan genetik yang dapat diwariskan (hereditas) (Alatas, 2006).

Kerusakan pada sel somatik dapat menimbulkan mutasi somatik apabila tidak diperbaiki dengan benar dan tepat. Apabila

kerusakan somatik terjadi pada sel telur atau sel sperma akan menimbulkan mutasi genetik yang dapat terjadi pada generasi selanjutnya (Alatas, 2006).

Efek mutasi gen akibat radiasi sinar-X pertama kali dikemukakan oleh Muller (1972) yang ditemukan pada lalat buah (E.J. Hall & A.J. Giaccia, 2006). Pertengahan tahun 1950an, sejumlah badan ilmiah internasional dan nasional terbentuk seperti *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR), *The Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation* (BEIR), dan *The Committee of the British Medical Research Council*. UNSCEAR dan BEIR mengkaji tingkat paparan radiasi pada populasi manusia secara periodik dan meningkatkan pengkajian risiko somatik dan genetik yang ditimbulkan akibat paparan radiasi (Alatas, 2006).

Faktor risiko kanker diperoleh dari perkalian dosis efektif dengan 5,5 % per Sv atau 0,0055% per mSv dan faktor risiko hereditas diperoleh dari perkalian dosis efektif dengan 0,2 % per Sv atau 0,0002% per mSv (ICRP 103, 2007).

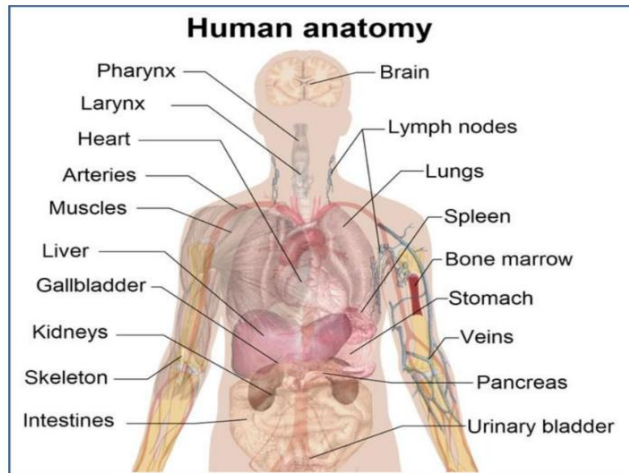


Tabel 2.5 Koefisien risiko yang disesuaikan dengan kerugian ( $10^{-2}$  per Sv) untuk efek stokastik setelah terpapar radiasi pada tingkat dosis rendah (ICRP 103, 2007)

<b>Efek</b>	<b>Masyarakat umum</b>	<b>Pekerja</b>
Kanker	5,5	4,1
Hereditas	0,2	0,1
Total	5,7	4,2

## 7. Abdomen

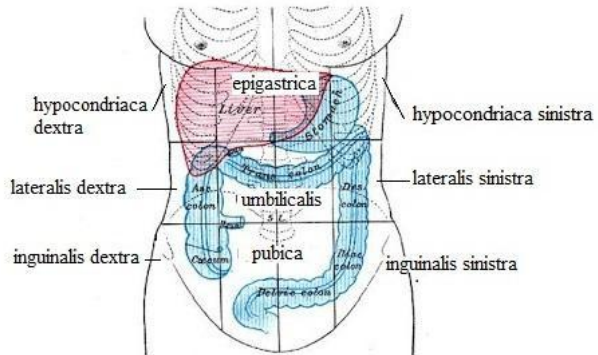
Abdomen merupakan rongga terbesar dalam tubuh yang berbentuk lonjong dan meluas. Batas-batas abdomen yaitu diafragma di bagian atas, panggul di bagian bawah, sisi abdominal di bagian depan, di bagian samping kanan kiri adalah tulang-tulang *illiaka*, di bagian belakang adalah tulang punggung dan otot *psaos*. Sebagian besar rongga abdomen berisi sistem pencernaan dan sistem urinari (Pearce, 2012).



Gambar 2.7 Anatomi organ abdomen  
(Researchgate n.d, diakses 11 Januari 2020)

Pembagian abdomen seringkali digunakan untuk membantu menetapkan lokasi pada abdomen. Pembagian yang sering digunakan yaitu pembagian abdomen dengan dua bidang bayangan horizontal dan dua bidang bayangan vertikal. Bidang bayangan ini membagi dinding anterior abdomen menjadi sembilan daerah (*regiones*). Dua bidang horizontal melalui setinggi tulang rawan iga kesembilan, bagian bawah setinggi bagian atas *crista illiaca*. Dua bidang vertikal di kiri dan kanan tubuh yaitu dari tulang rawan iga kedelapan hingga pertengahan *ligamentum inguinale* (Widjaja, 2008).

Proyeksi organ intra-abdomen dapat digunakan untuk memprediksi organ yang kemungkinan mengalami cedera.



Gambar 2.8 Bidang bayangan pembagian abdomen (Gray 1918, diakses 16 Januari 2020)

Menurut Martin Susanto (2013), proyeksi letak organ abdomen yaitu :

- a. *Hypocondriaca dextra* meliputi organ *lobus* kanan *hepar*, kantung empedu, sebagian *duodenum* *fleksura hepatic colon*, sebagian ginjal kanan, dan kelenjar *suprarenal* kanan.
- b. *Epigastrica* meliputi organ *pilorus gaster*, *duodenum*, pankreas, dan sebagian *hepar*.
- c. *Hypocondriaca sinistra* meliputi organ *gaster*, *lien*, bagian *kaudal* pankreas, *fleksura lienalis*

- kolon*, bagian *proksimal* ginjal kiri dan kelenjar *suprarenal* kiri.
- d. *Lateralis dextra* meliputi organ *kolon ascenden*, bagian *distal* ginjal kanan, sebagian *duodenum*, dan *jejenum*.
- e. *Umbilicalis* meliputi organ *omentum*, *mesenterium*, bagian bawah *duodenum*, *jejenum*, dan *ileum*.
- f. *Lateralis sinistra* meliputi organ *kolon ascenden*, bagian *distal* ginjal kiri, sebagian *jejenum*, dan *ileum*.
- g. *Inguinalis dextra* meliputi organ *sekum*, *apendiks*, bagian *distal ileum*, dan *ureter* kanan.
- h. *Pubica* meliputi organ *ileum*, *vesica urinaria*, dan *uterus* (pada kehamilan).
- i. *Inguinalis sinistra* meliputi organ *kolon sigmoid*, *ureter* kiri, dan *ovarium* kiri.

## B. KAJIAN PUSTAKA

Ada banyak literatur yang berkaitan dengan dosis radiasi dan faktor risiko pemeriksaan abdomen menggunakan *computed tomography scan* (CT Scan), antara lain :

1. Skripsi yang berjudul “Dosis Radiasi dan Faktor Resiko pada Pemeriksaan *Computed Tomography Scan Whole Abdomen 3 Fase*” ditulis oleh Misbahul Munir pada tahun 2011. Penulis mengestimasi besarnya dosis radiasi dan faktor risiko yang akan timbul setelah pemeriksaan serta menganalisa faktor yang menyebabkan besarnya nilai dosis yang diterima pasien. Perbedaan penelitian terletak pada data yang digunakan, metode penelitian dan hasil faktor risiko. Penelitian Misbahul Munir menggunakan data CT Scan abdomen tiga fase dan menggunakan *software* imPACT, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan data campuran antara pemeriksaan satu fase dan tiga fase serta menggunakan metode perhitungan berdasarkan literatur ICRP *Publication* 103. Faktor risiko yang digunakan dalam penelitian Misbahul Munir hanya menghitung faktor risiko kanker saja, sedangkan penelitian yang penulis lakukan selain menghitung faktor risiko kanker juga menghitung faktor risiko hereditas.
2. Jurnal Fisika FLUX volume 14 nomor 1, Februari 2017 berjudul “Estimasi Resiko Radiasi Janin pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis” yang ditulis oleh Giner Maslebu, Jodelin Muninggar dan Satriya Ary Hapsara.

Perbedaan penelitian ini terletak pada tujuan dan data yang digunakan. Penelitian Giner Maslebu bertujuan untuk memperoleh estimasi risiko radiasi janin dalam pemeriksaan radiografi planar melalui perhitungan dosis yang diserap oleh janin pada daerah pelvis dengan variasi berbagai faktor eksposi dan jarak dari sumber radiasi, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis bertujuan untuk mengetahui dosis radiasi dan faktor risiko yang diterima pasien pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen.

3. Jurnal Fisika Unand volume 2 nomor 2, April 2013 berjudul "Estimasi Nilai CTDI dan Dosis Efektif Pasien Bagian *Head, Thorax dan Abdomen* Hasil Pemeriksaan CT Scan Merek Philips Briliance 6" yang ditulis oleh Helga Silvia, Dian Milvita, Heru Prasetio dan Helfi Yuliati. Perbedaan penelitian ini terletak pada tujuan penelitian dan metode yang digunakan. Penelitian yang dilakukan Helga Silvia bertujuan mengestimasi CTDI dan menentukan dosis efektif yang diterima bagian *head, thorax dan abdomen* pasien pada pemeriksaan CT Scan merek Philips Briliance 6 serta menentukan potensi risiko kanker pada pasien yang terpapar radiasi, sedangkan penelitian yang penulis lakukan bertujuan untuk mengetahui dosis radiasi

dan faktor risiko yang diterima pasien pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen. Penelitian Helga Silvia menggunakan *software ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator* untuk menghitung dosis efektif yang diterima pasien, sedangkan penelitian yang penulis lakukan menggunakan metode perhitungan berdasarkan literatur ICRP *Publication 103*.

4. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology* (JEEST) UB volume 01 nomor 02, November 2014 berjudul “Dosis Radiasi dari Tindakan CT-Scan Kepala” yang ditulis oleh Johan A. E. Noor dan Indrastuti Normahayu. Perbedaan penelitian ini terletak pada tujuan dan metode yang digunakan. Penelitian Johan bertujuan mengestimasi dosis yang diterima oleh pasien yang menjalani prosedur eksaminasi pencitraan CT di dua rumah sakit besar di kota Malang dengan mesin *CT Scanner single slice* dengan *fixed current mode* dan *automatic current mode* untuk melihat apakah dosis yang diterima pasien berada dibawah nilai rekomendasi dari ICRP *Publication No. 103* dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 63 Tahun 2000 tentang Keselamatan dan Kesehatan terhadap

Pemanfaatan Radiasi Pengion pasal 5 ayat 1, sedangkan penelitian yang penulis lakukan bertujuan untuk mengetahui dosis radiasi dan faktor risiko yang diterima pasien pada pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen. Penelitian Johan menggunakan perangkat lunak penghitung dosis *CTDosimetry* versi 1.0.4 untuk menghitung dosis efektif pasien, sedangkan penelitian yang penulis lakukan menggunakan metode perhitungan berdasarkan literatur ICRP *Publication* 103.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian dengan melakukan sebuah studi yang objektif, sistematis dan terkontrol untuk memprediksi suatu fenomena (Siregar, 2014).

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan standar perhitungan dosis efektif dan faktor risiko. Data diperoleh dari data DICOM *Computed Tomography Scan* merk GE Optima CT660 sebanyak 25 pasien pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen satu fase dan tiga fase antara bulan Oktober sampai dengan bulan November 2019 di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.

#### **B. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019 – Desember 2019 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.

### C. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Computed Tomography Scan* merk GE Optima CT660 dengan spesifikasi sebagai berikut :

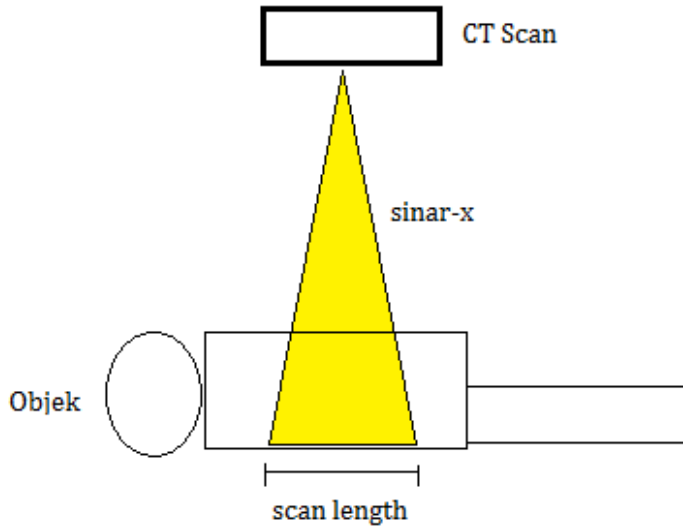
1. Data Scanner
  - a. Pabrikan : GE
  - b. Model : 5454001-22/sn : 5043YC6
  - c. Tipe scanner : Rotasi/translasi
  - d. Matriks rekonstruksi : 512×512
  - e. Tipe detektor : Solid
  - f. Spiral/helical : Ya
  - g. Terkalibrasi : Ya
  
2. Generator
  - a. Pabrikan : GE
  - b. Tipe/model : 5454001-22/Optima CT660
  - c. No. Seri : 50431YC6
  - d. Tahun produksi : 2013
  - e. Tipe pulsa generator : HF
  - f. Alarm penyinaran : Audio & Visual
  - g. Kapasitas maksimum : 140 kVp; 600 mA

3. Tabung insersi
  - a. Pabrikan : GE
  - b. Tipe/model : 2120785-2
  - c. No. Seri : 136396BI9
  - d. Rating maksimum : 140 kV; 600 Ma
  - e. Ukuran Focal Spot : 0,9×0,7 mm – 1,2×1,1 mm
  
4. Wadah Tabung (*Tube Housing*)
  - a. Pabrikan : GE
  - b. Tipe/model : 2137130-11
  - c. No. Seri : 143145BC1
  - d. Filter bawaan/inherent : 4,8 mm Al ; tetap

Alat yang digunakan harus memiliki kondisi yang layak pakai, sehingga diperlukan adanya uji kesesuaian pesawat CT Scan yang akan digunakan. Uji kesesuaian pesawat sinar-X dilakukan secara berkala oleh instansi yang memiliki izin dari BAPETEN untuk melakukan uji yang telah diatur dalam Peraturan Kepala BAPETEN.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *scan length*, CTDIvol dan *Dose Length Product* (DLP) yang berasal dari data DICOM 25 pasien pemeriksaan *computed tomography scan*

abdomen satu fase dan tiga fase antara bulan Oktober sampai dengan bulan November 2019 di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.



Gambar 3.1 Skema pemeriksaan CT Scan abdomen

## D. Prosedur Pengambilan Data

### 1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data sampel dilakukan dengan mengambil data DICOM pasien pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen sebanyak 25 data pasien. Data yang diambil yaitu

berupa nilai *scan length*, CTDI<sub>vol</sub> dan *Dose Length Product* (DLP).

*Scan length* merupakan panjang bagian tubuh pasien yang dipindai dalam satuan mm (milimeter). *Scan length* ditentukan berdasarkan rekomendasi dari dokter.

CTDI<sub>vol</sub> menyatakan dosis serap rata-rata pada volume tubuh pasien. CTDI memperkirakan rata-rata dosis pada bagian dalam volume *scan* yang terdiri dari beberapa bagian. Satuan CTDI<sub>vol</sub> adalah mGy (miliGray).

*Dose Length Product* (DLP) menyatakan total energi yang diserap dan efek biologi yang diakibatkan oleh pengambilan *scan*. DLP merupakan perkalian dari CTDI<sub>vol</sub> dengan *scan length*. Satuan DLP adalah mGy.cm (miliGray centimeter).

$$DLP = CTDI_{vol} \times \text{Scan Length} \quad (3.1)$$

## 2. Perhitungan Dosis Efektif

Dosis efektif pada CT Scan diperoleh dari perkalian *Dose Length Product* (DLP) dengan koefisien *k*. Nilai *k* tergantung pada bagian tubuh

pasien yang dipindai (AAPM, 2008). Untuk bagian abdomen, nilai koefisien  $k$  adalah sebesar 0,015.

$$D_{\text{Eff}} = \text{DLP} \times k \quad (3.2)$$

Nilai batas dosis efektif untuk pemeriksaan CT Scan abdomen adalah sebesar 8,0 mSv (Tsapaki, 2011). Apabila melebihi nilai batas dosis tersebut akan menimbulkan efek genetik dan efek somatik yang berarti akibat pemanfaatan tenaga nuklir (BAPETEN, 2011).

### 3. Perhitungan Dosis Ekuivalen Organ

Dosis ekuivalen organ dapat ditentukan dari perkalian *Dose Length Product* (DLP) dengan faktor bobot jaringan ( $W_T$ ) yang direkomendasikan ICRP *Publication* 103.

$$D_{\text{Ek}} = \text{DLP} \times W_T \quad (3.3)$$

Nilai batas dosis ekuivalen terbesar yang diizinkan PERKA BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011 untuk kulit bagi anggota masyarakat adalah sebesar 50 mSv dalam satu tahun dan untuk lensa mata sebesar 15 mSv dalam satu tahun. Apabila melebihi nilai batas dosis tersebut akan menimbulkan efek genetik dan efek somatik yang

berarti akibat pemanfaatan tenaga nuklir (BAPETEN, 2011).

#### 4. Perhitungan Faktor Risiko Kanker

Berdasarkan referensi ICRP *Publication* 103, faktor risiko kanker dapat ditentukan dari perkalian dosis efektif dengan 5,5 % per Sievert atau 0,0055 % per mili Sievert.

$$\text{Faktor risiko kanker} = D_{\text{Eff}} \times 0,0055 \% \quad (3.4)$$

Semakin besar dosis radiasi yang digunakan, maka semakin besar pula faktor risiko kanker yang ditimbulkan.

#### 5. Perhitungan Faktor Risiko Hereditas

Berdasarkan referensi ICRP *Publication* 103, faktor risiko hereditas dapat ditentukan dari perkalian dosis efektif dengan 0,2 % per Sievert atau 0,0002 % per mili Sievert.

$$\text{Faktor risiko hereditas} = D_{\text{Eff}} \times 0,0002 \% \quad (3.5)$$

Semakin besar dosis radiasi yang digunakan, maka semakin besar pula faktor risiko hereditas yang ditimbulkan.





## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan penelitian, peneliti melakukan wawancara dengan Bapak Slamet Riyanto, S.Si selaku penanggung jawab Instalasi Radiologi di Rumah Sakit Islam Sultan Agung terkait alat yang digunakan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Computed Tomography Scan* (CT Scan) merk GE Optima CT660 milik Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang yang telah lolos uji kesesuaian pesawat sinar-x yang dilakukan pada bulan Agustus 2019 oleh PT. Spektrum Kreasi Pratama.

Hasil dari uji kesesuaian pesawat sinar-x yang telah dilakukan menyatakan bahwa kondisi pesawat sinar-x tersebut baik untuk digunakan berdasarkan standar yang telah ditentukan BAPETEN, standar Australia Barat dan British Columbia CDC.

#### A. Pengumpulan Data

Data diperoleh dari data DICOM *Computed Tomography Scan* merk GE Optima CT660 sebanyak 25 pasien pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen satu fase dan tiga fase antara bulan Oktober sampai dengan bulan November 2019 di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.

CT abdomen menurut UNSCEAR (2001) meliputi bagian abdomen dan pelvis. Spesifikasi pemeriksaan abdomen meliputi tulang belakang lumbar, seluruh rongga abdomen, bagian atas abdomen, hati/pankreas, ginjal/kelenjar supra-ginjal. Spesifikasi pemeriksaan pelvis meliputi tulang panggul, tulang ekor, sendi *sacroiliac*, pelvimetri (kebidanan) panggul (jaringan lunak/pembuluh darah).

Data yang diambil yaitu berupa nilai *scan length*, CTDI<sub>vol</sub> dan *Dose Length Product* (DLP).

Tabel 4.1 Data DICOM hasil pemeriksaan CT Scan abdomen satu fase dan tiga fase pada tegangan 120 kV

Pasien	Scan length (cm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy.cm)
1	28,25	10,03	283,28
2	31,05	8,71	270,45
3	34,45	8,17	281,46
4	36,90	14,66	541,05
5	37,15	13,01	483,32
6	40,50	11,43	463,08
7	42,30	14,17	599,39
8	42,95	12,57	539,88
9	43,50	10,27	446,75
10	43,85	16,78	735,80
11	44,00	9,47	416,68
12	44,50	5,69	253,21
13	44,80	15,18	680,06
14	45,00	13,08	588,60
15	45,20	11,22	507,14
16	45,20	6,89	311,20
17	45,50	16,89	768,50
18	46,00	11,39	523,83
19	46,00	9,93	456,78
20	46,00	21,54	990,84
21	46,65	9,10	424,33
22	48,10	7,19	345,72
23	49,35	8,37	413,06
24	52,00	19,18	997,36
25	52,45	9,87	517,81

## B. Perhitungan Dosis Efektif

Dosis efektif adalah besaran proteksi yang digunakan untuk tujuan pengawasan terhadap nilai batas dosis dan untuk keperluan optimasi proteksi.

Namun dalam praktiknya, dosis efektif juga banyak digunakan untuk tujuan pengkajian risiko radiasi (Hiswara, 2014).

Pada CT Scan, DLP menyatakan total energi yang diserap dan efek biologi yang ditimbulkan akibat pengambilan scan (AAPM, 2008). Sehingga persamaan yang digunakan untuk perhitungan dosis efektif adalah sebagai berikut.

$$D_{\text{Eff}} = \text{DLP} \times k \quad (4.1)$$

Tabel 4.2 Dosis efektif pasien pemeriksaan CT Scan abdomen

Pasien	Scan length (cm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy.cm)	Dosis efektif (mSv)
1	28,25	10,03	283,28	4,25
2	31,05	8,71	270,45	4,06
3	34,45	8,17	281,46	4,22
4	36,90	14,66	541,05	8,12
5	37,15	13,01	483,32	7,25
6	40,50	11,43	463,08	6,95
7	42,30	14,17	599,39	8,99
8	42,95	12,57	539,88	8,10
9	43,50	10,27	446,75	6,70
10	43,85	16,78	735,80	11,04
11	44,00	9,47	416,68	6,25
12	44,50	5,69	253,21	3,80
13	44,80	15,18	680,06	10,20
14	45,00	13,08	588,60	8,83
15	45,20	11,22	507,14	7,61
16	45,20	6,89	311,20	4,67
17	45,50	16,89	768,50	11,53
18	46,00	11,39	523,83	7,86
19	46,00	9,93	456,78	6,85
20	46,00	21,54	990,84	14,86
21	46,65	9,10	424,33	6,36
22	48,10	7,19	345,72	5,19
23	49,35	8,37	413,06	6,20
24	52,00	19,18	997,36	14,96
25	52,45	9,87	517,81	7,77
Dosis efektif rata-rata				7,71

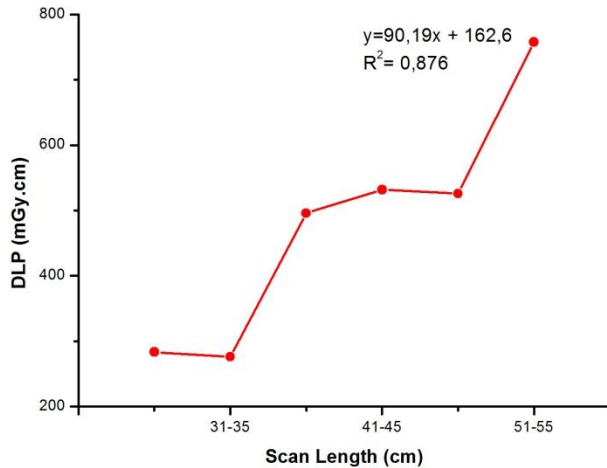
Tabel 4.2 merupakan hasil perhitungan dosis efektif dari data DICOM hasil pemeriksaan *computed*

*tomography scan* abdomen satu fase dan tiga fase. Untuk pemeriksaan CT Scan abdomen tiga fase diambil nilai CTDIvol rata-rata.

Berdasarkan hasil perhitungan, dosis efektif pemeriksaan abdomen menggunakan CT Scan berkisar antara 3,8 mSv sampai dengan 14,96 mSv dengan dosis efektif rata-rata 7,71 mSv. Beberapa pemeriksaan masih menghasilkan dosis efektif yang melebihi nilai batas dosis yang direkomendasikan Tsapaki (2011) untuk CT dada atau abdomen sebesar 8,0 mSv, sehingga diperlukan adanya evaluasi dalam pemeriksaan yang akan dilakukan selanjutnya. Pemeriksaan sebaiknya dilakukan dengan meminimalisir pemindaian menggunakan CT Scan kecuali pasien mengalami kondisi klinis tertentu. Pemeriksaan yang dilakukan harus selalu memperhatikan prinsip-prinsip proteksi radiasi.

Tabel 4.3 Nilai rata-rata DLP pada setiap kisaran *scan length*

<b><i>Scan Length (cm)</i></b>	<b><i>Rata-rata DLP (mGy.cm)</i></b>
26 - 30	283,277
31 - 35	275,951
36 - 40	495,815
41 - 45	531,565
46 - 50	525,759
51 - 55	757,586



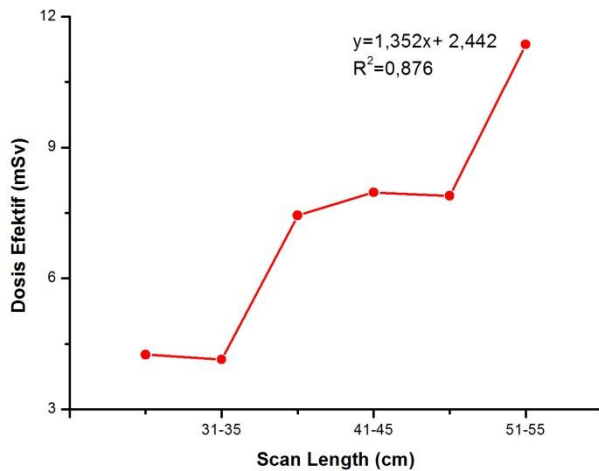
Gambar 4.1 Grafik hubungan rata-rata *scan length* dengan rata-rata DLP

Gambar 4.1 menunjukkan hubungan rata-rata *scan length* terhadap nilai rata-rata DLP pada pemeriksaan CT Scan abdomen, nilai fungsi hubungan, serta koefisien korelasinya ( $R^2$ ). Berdasarkan gambar tersebut, perlakuan operator CT Scan di RSI Sultan Agung Semarang dalam menentukan DLP pasien bergantung pada besarnya area pemindaian (*scan length*). Koefisien korelasi yang dihasilkan sebesar 0,876 menunjukkan nilai DLP sebanding dengan nilai *scan length*, dimana semakin besar nilai *scan length*

maka semakin besar pula nilai DLP yang ditentukan berdasarkan CTDIvol pasien.

Tabel 4.4 Nilai rata-rata dosis efektif pasien terhadap kisaran *scan length*

<b><i>Scan Length</i> (cm)</b>	<b>Rata-rata Dosis Efektif Pasien (mSv)</b>
26 – 30	4,249
31 – 35	4,139
36 – 40	7,437
41 – 45	7,973
46 – 50	7,886
51 – 55	11,364



Gambar 4.2 Grafik hubungan rata-rata *scan length* dengan rata-rata dosis efektif pasien



Gambar 4.2 menunjukkan hubungan kisaran *scan length* terhadap nilai rata-rata dosis efektif pasien pada pemeriksaan CT Scan abdomen, nilai fungsi hubungan, serta koefisien korelasinya ( $R^2$ ). Penentuan nilai dosis efektif menggunakan perkalian antara DLP dengan koefisien  $k$ . Koefisien  $k$  pemeriksaan abdomen dan pelvis untuk pasien dengan usia diatas 10 tahun yaitu 0,015. Gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata dosis efektif pasien sebanding dengan nilai rata-rata *scan length* yang ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,876. Semakin besar nilai *scan length* maka semakin besar nilai dosis efektif pasien.

### C. Perhitungan Dosis Ekuivalen Organ

Dosis ekuivalen merupakan besaran dosis yang digunakan dalam proteksi radiasi untuk menyatakan kerusakan jaringan tubuh akibat terserapnya energi radiasi dengan memperhatikan faktor dosis dan jenis radiasi serta faktor lainnya (BAPETEN, 2011). Dosis ekuivalen merupakan dosis serap yang diterima tubuh manusia secara menyeluruh dengan memperhatikan kualitas radiasi dalam merusak jaringan tubuh. Besar dosis serap yang sama namun berbeda jenis

radiasinya akan menimbulkan efek biologis yang berbeda. (Akhadi, 2000).

Dosis ekivalen organ pada CT Scan ditentukan dari perkalian *Dose Length Product* (DLP) dengan faktor bobot jaringan ( $W_T$ ) yang direkomendasikan ICRP *Publication* 103. Persamaan yang digunakan untuk menyatakan dosis ekivalen organ adalah :

$$D_{Ek} = DLP \times W_T \quad (4.2)$$

Tabel 4.5 Dosis ekivalen organ per pasien

Pasien	Dosis ekivalen organ per pasien (mSv)														
	Sumsum merah tulang	Usus besar	Paru-paru	Lambung	Payudara	Organ lain	Gonad	Kandung kemih	Kerongkongan	Hati	Tiroid	Permukaan tulang	Otak	Kelenjar ludah	Kulit
1	34	34	34	34	34	34	23	11	11	11	11	3	3	3	3
2	32	32	32	32	32	32	22	11	11	11	11	3	3	3	3
3	34	34	34	34	34	34	23	11	11	11	11	3	3	3	3
4	65	65	65	65	65	65	43	22	22	22	22	5	5	5	5
5	58	58	58	58	58	58	39	19	19	19	19	5	5	5	5
6	56	56	56	56	56	56	37	19	19	19	19	5	5	5	5
7	72	72	72	72	72	72	48	24	24	24	24	6	6	6	6
8	65	65	65	65	65	65	43	22	22	22	22	5	5	5	5
9	54	54	54	54	54	54	36	18	18	18	18	4	4	4	4
10	88	88	88	88	88	88	59	29	29	29	29	7	7	7	7
11	50	50	50	50	50	50	33	17	17	17	17	4	4	4	4
12	30	30	30	30	30	30	20	10	10	10	10	3	3	3	3
13	82	82	82	82	82	82	54	27	27	27	27	7	7	7	7
14	71	71	71	71	71	71	47	24	24	24	24	6	6	6	6
15	61	61	61	61	61	61	41	20	20	20	20	5	5	5	5
16	37	37	37	37	37	37	25	12	12	12	12	3	3	3	3
17	92	92	92	92	92	92	61	31	31	31	31	8	8	8	8
18	63	63	63	63	63	63	42	21	21	21	21	5	5	5	5

19	55	55	55	55	55	55	37	18	18	18	18	5	5	5	5
20	119	119	119	119	119	119	79	40	40	40	40	10	$\frac{1}{0}$	10	10
21	51	51	51	51	51	51	34	17	17	17	17	4	4	4	4
22	41	41	41	41	41	41	28	14	14	14	14	3	3	3	3
23	50	50	50	50	50	50	33	17	17	17	17	4	4	4	4
24	120	120	120	120	120	120	80	40	40	40	40	10	$\frac{1}{0}$	10	10
25	62	62	62	62	62	62	41	21	21	21	21	5	5	5	5
Rata-rata	62	62	62	62	62	62	41	21	21	21	21	5	5	5	5

Berdasarkan tabel 4.5 organ yang menerima dosis ekivalen paling besar pada pemeriksaan CT Scan abdomen adalah organ yang memiliki faktor bobot jaringan sebesar 0,12 yaitu sumsum merah tulang, usus besar, paru-paru, lambung, payudara, dan organ lain diantaranya adrenal, daerah ekstratorak (ET), kandung empedu, jantung, ginjal, kelenjar getah bening, otot, oral mukosa, pankreas, prostat/uterus, usus kecil, limpa, dan kelenjar timus dengan kisaran antara 30 mSv sampai dengan 119 mSv dengan dosis rata-rata 61,63 mSv.

Gonad merupakan satu-satunya organ yang memiliki faktor bobot jaringan 0,08. Dosis ekivalen gonad berkisar antara 20 mSv sampai dengan 79 mSv dengan dosis rata-rata 41,10 mSv.

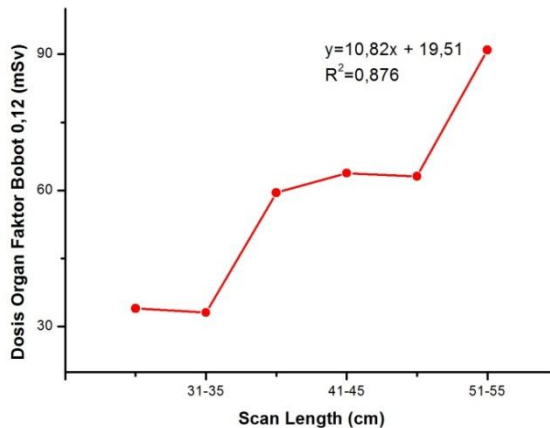
Organ yang memiliki faktor bobot jaringan 0,04 yaitu kandung kemih, kerongkongan, hati dan kelenjar tiroid mendapat dosis ekivalen yang berkisar antara 10 mSv sampai dengan 40 mSv dengan dosis rata-rata 20,5 mSv.

Organ yang memiliki faktor bobot jaringan 0,01 yaitu permukaan tulang, otak, kelenjar ludah dan kulit mendapat dosis ekivalen yang berkisar antara 3 mSv sampai dengan 10 mSv dengan dosis rata-rata 5

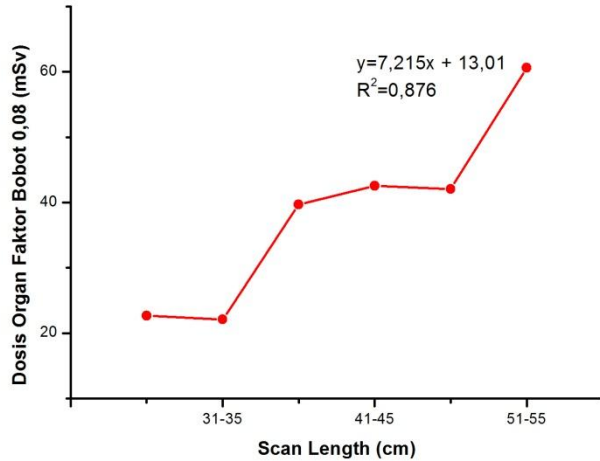
mSv. Nilai dosis ini dianggap aman selama pasien tidak menerima dosis ekivalen kulit hingga 50 mSv selama satu tahun.

Tabel 4.6 Nilai rata-rata dosis ekivalen organ dengan faktor bobot berbeda pada setiap kisaran *scan length*

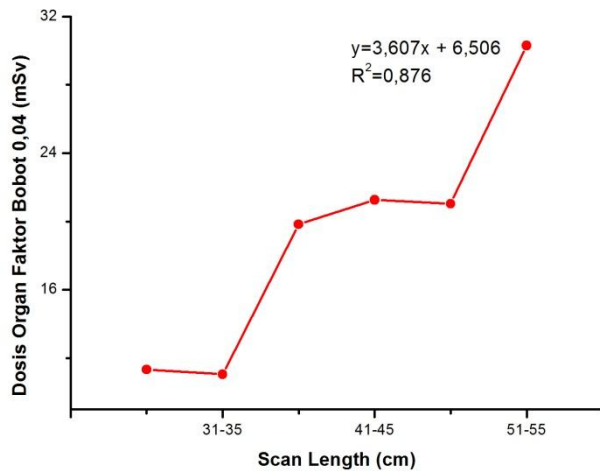
<b>Scan Length (cm)</b>	<b>Rata-rata Dosis Ekivalen Organ dengan Faktor Bobot (mSv)</b>			
	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>	<b>0,04</b>	<b>0,01</b>
26 - 30	33,993	22,662	11,331	2,833
31 - 35	33,114	22,076	11,038	2,760
36 - 40	59,498	39,665	19,833	4,958
41 - 45	63,788	42,525	21,263	5,316
46 - 50	63,091	42,060	21,030	5,258
51 - 55	90,910	60,607	30,303	7,576



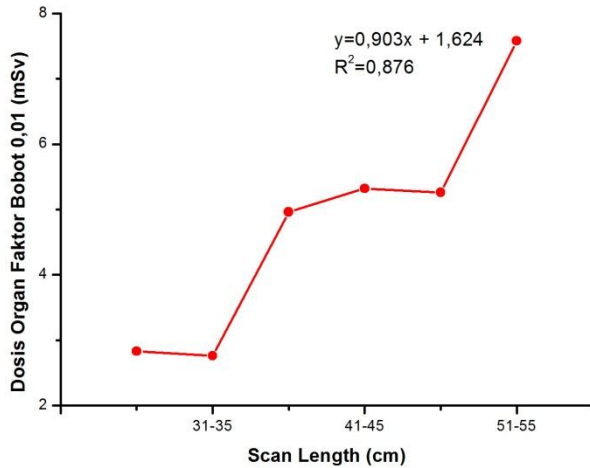
Gambar 4.3 Grafik hubungan rata-rata *scan length* dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,12



Gambar 4.4 Grafik hubungan rata-rata *scan length* dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,08



Gambar 4.5 Grafik hubungan rata-rata *scan length* dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,04



Gambar 4.6 Grafik hubungan rata-rata *scan length* dengan rata-rata dosis organ faktor bobot 0,01

Dosis ekuivalen organ dihasilkan dari perkalian antara DLP dengan faktor bobot organ, sehingga nilai DLP sangat mempengaruhi dosis ekuivalen organ. Gambar-gambar di atas menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,876 sehingga menunjukkan bahwa dosis ekuivalen organ berbanding lurus dengan nilai *scan length*. Semakin besar nilai *scan length* maka semakin besar dosis ekuivalen yang diserap organ.

Total energi yang diserap organ akan berbanding lurus dengan dosis ekuivalen organ.



Semakin besar energi yang diserap organ menghasilkan dosis ekivalen organ yang besar, sehingga kerusakan jaringan pada organ juga semakin besar akibat terserapnya energi radiasi dengan memperhatikan dosis dan jenis radiasi serta faktor lainnya. Nilai batas dosis ekivalen untuk anggota masyarakat atau selain pekerja radiasi menurut PERKA BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011 sebesar 15 mSv untuk lensa mata dan 50 mSv untuk kulit dalam satu tahun. Sebaiknya pemeriksaan yang dilakukan tidak melebihi nilai batas dosis tersebut mengingat efek-efek yang dapat ditimbulkan.

Dosis radiasi yang diserap tubuh dipengaruhi oleh faktor eksposi, kuat arus (mAs) tabung yang mengatur kuantitas sinar-X, dan tegangan tabung (kV) yang mengatur kualitas sinar-X. Faktor lain dalam hal ini juga berupa nilai *scan length*. *Scan length* merupakan panjang bagian tubuh yang dipindai. Semakin besar nilai *scan length* maka semakin luas tubuh pasien yang dipindai, sehingga menyebabkan semakin besar energi yang diserap tubuh pasien meskipun dalam hal ini *scan length* memiliki pengaruh yang kecil jika dibandingkan dengan jenis radiasi yang digunakan. Faktor bobot jaringan dan massa organ

juga mempengaruhi dosis yang diterima organ. Faktor bobot jaringan yang bernilai besar dengan massa organ kecil akan menyebabkan dosis ekivalen organ menjadi besar. Organ yang menyerap dosis radiasi besar akan mendapatkan faktor risiko yang besar pula.

Efek dari radiasi yang besar dapat mengganggu fungsi organ. Efek yang ditimbulkan dapat berupa organ yang tidak berfungsi secara maksimal, timbulnya tumor atau kanker pada organ, dan efek kerusakan jaringan lainnya serta efek hereditas.

#### **D. Perhitungan Faktor Risiko Kanker**

Faktor risiko yang didapatkan dari pemeriksaan abdomen menggunakan CT Scan adalah efek stokastik berupa kerusakan jaringan (kanker) dan kerusakan genetik (hereditas). Dosis radiasi rendah selalu memiliki kemungkinan menimbulkan perubahan pada sistem biologis baik tingkat molekul ataupun sel.

Referensi ICRP *Publication* 103 menyatakan faktor risiko kanker dapat ditentukan dari perkalian

dosis efektif dengan 5,5 % per Sievert (Sv) atau 0,0055 % per mili Sievert (mSv).

$$\text{Faktor risiko kanker} = D_{\text{Eff}} \times 0,0055 \% \quad (4.3)$$

Berdasarkan perhitungan faktor risiko kanker berkisar antara 0,019 % sampai dengan 0,082 % dengan nilai rata-rata 0,042 %. Semakin besar dosis efektif maka semakin besar pula risiko kerusakan jaringan yang diterima pasien.

#### **E. Perhitungan Faktor Risiko Hereditas**

Referensi ICRP *Publication* 103 menyatakan faktor risiko hereditas dapat ditentukan dari perkalian dosis efektif dengan 0,2 % per Sievert (Sv) atau 0,0002 % per mili Sievert (mSv).

$$\text{Faktor risiko hereditas} = D_{\text{Eff}} \times 0,0002 \% \quad (4.4)$$

Berdasarkan perhitungan faktor risiko hereditas berkisar antara 0,0007 % sampai dengan 0,003 % dengan nilai rata-rata 0,0015 %. Semakin besar dosis efektif maka semakin besar pula risiko kerusakan genetik yang diterima pasien.

Tabel 4.7 Faktor risiko kanker dan hereditas pasien

Pasien	Dosis Efektif (mSv)	Faktor Risiko	
		Kanker (%)	Hereditas (%)
1	4,25	0,023	0,0008
2	4,06	0,022	0,0008
3	4,22	0,023	0,0008
4	8,12	0,045	0,0016
5	7,25	0,04	0,0014
6	6,95	0,038	0,0014
7	8,99	0,049	0,0022
8	8,10	0,045	0,0013
9	6,70	0,037	0,0008
10	11,04	0,06	0,002
11	6,25	0,034	0,0018
12	3,80	0,02	0,0015
13	10,20	0,056	0,0014
14	8,83	0,049	0,0018
15	7,61	0,042	0,0015
16	4,67	0,026	0,0009
17	11,53	0,063	0,0023
18	7,86	0,043	0,0016
19	6,85	0,038	0,0014
20	14,86	0,083	0,003
21	6,36	0,035	0,0013
22	5,19	0,029	0,001
23	6,20	0,034	0,0012
24	14,96	0,082	0,003
25	7,77	0,043	0,0016
Rata-rata	7,7	0,42	0,0435

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dosis efektif pemeriksaan abdomen menggunakan CT Scan berkisar antara 3,8 mSv sampai dengan 14,96 mSv dengan dosis efektif rata-rata sebesar 7,71 mSv. Beberapa pemeriksaan masih menghasilkan dosis efektif yang melebihi nilai batas dosis yang direkomendasikan Tsapaki (2011) untuk CT dada atau abdomen sebesar 8,0 mSv, sehingga diperlukan adanya evaluasi dalam pemeriksaan yang akan dilakukan selanjutnya.
2. Faktor risiko kanker pada pemeriksaan abdomen menggunakan CT Scan berkisar antara 0,019% sampai dengan 0,082% dengan nilai rata-rata 0,042%. Sedangkan faktor risiko hereditas berkisar antara 0,0007% sampai dengan 0,003% dengan nilai rata-rata 0,0015%. Total efek stokastik yang diterima pasien berkisar antara 0,0197% sampai dengan 0,085% dengan rata-rata 0,0435%.

**B. Saran**

1. Faktor justifikasi penggunaan sinar-x, limitasi dosis, dan penerapan optimasi proteksi dan keselamatan radiasi harus selalu diperhatikan sebelum melakukan pemeriksaan menggunakan CT Scan mengingat dosis efektif dan faktor risiko yang diterima pasien cukup besar.
2. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut terkait dosis efektif dan faktor risiko pada pemeriksaan CT Scan abdomen dengan membedakan penggunaan pemeriksaan satu fase dan tiga fase.

## DAFTAR PUSTAKA

- AAPM. 2008. *The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT*. AAPM Report no. 96.
- Akhadi, Muhlis. 2000. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Alatas, Zubaidah. 2006. *Efek Pewarisan Akibat Radiasi Pengion*. Buletin ALARA. Volume 8 Nomor 2. 65-74.
- BAPETEN. 2011. *Peraturan BAPETEN No. 8 Tahun 2011 Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Dianostik Dan Intervensional*. Jakarta : BAPETEN.
- BATAN. 2009. *Pedoman Keselamatan dan Proteksi Radiasi*. Tangerang Selatan : BATAN.
- British Columbia Centre for Disease Control. 2000. *Diagnostic X-Ray Unit QC Standards In BC*.
- Gray, Henry. 1918. *Anatomy Of Human Body*. Diunduh di <http://www.bartleby.com/107/286.html> pada hari Kamis, 16 Januari 2020 pukul 22.24 WIB.
- Hall, E.J dan Giaccia, A.J. 2006. *Radiobiology for the Radiologist 6th ed*. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.
- Hiswara, Eri. 2014. *Konsep dan Aplikasi Dosis Efektif sebagai Besaran Proteksi*. Buletin ALARA. Volume 16 nomor 1: 1-8.
- Maslebu, Giner dkk. 2017. *Estimasi Resiko Radiasi Janin pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis*. Jurnal Fisika FLUX volume 14 nomor 1 : 1-7.
- Munir, Misbahul. 2011. *Dosis Radiasi dan Faktor Resiko pada Pemeriksaan Computed Tomography Scan Whole Abdomen 3 Fase*. Skripsi. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Noor, Johan A. E. 2014. *Dosis Radiasi dari Tindakan CT-Scan Kepala*. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology (JEEST)* UB. Volume 01 nomor 02 : 84-91.
- Pearce, Evelyn C. 2012. *Anatomi Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta : Gramedia.

- Radiological Council of Western Australia. 2006. *Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing*. Government of Western Australia.
- Silvia, Helga dkk. 2013. *Estimasi Nilai CTDI dan Dosis Efektif Pasien Bagian Head, Thorax dan Abdomen Hasil Pemeriksaan CT Scan Merek Philips Briliance 6*. Jurnal Fisika Unand. Volume 2 nomor 2 : 128-134.
- Siregar, S. 2014. *Statistik Deskriptif untuk Penelitian Dilengkapi Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17*. Jakarta : Rajawali Press.
- Sofiana, Lidya, dkk. 2012. *Estimasi Dosis pada Pemeriksaan Multi Slice CT-Scan Kepala dan Abdomen Berdasarkan Rekomendasi ICRP 103*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Susanto, Martin. 2013. *Trauma Abdomen Trauma Tajam*. Diunduh di <http://id.scribd.com/> pada hari Kamis, 16 Januari 2020 pukul 22.24 WIB.
- Tsapaki, Virginia. 2011. *Practical Exercise: Effective Dose Estimate in CT*. Training Course Program : Bulgaria.
- Widjaja, Harjadi. 2008. *Anatomi Abdomen*. Jakarta : EGC.  
<https://oncologymedicalphysics.com/> diakses pada hari Selasa, 19 November 2019 pukul 15.12 WIB.  
<https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/> diakses pada hari Senin, 9 Desember 2019 pukul 12.17 WIB.  
<https://www.researchgate.net/> diakses pada hari Senin, 9 Desember 2019 pukul 14.28 WIB.  
<https://stafsite.untad.ac.id/> diakses pada hari Rabu, 8 Januari 2020 pukul 13.45 WIB.  
<http://www.pustaka.ut.ac.id/> diakses pada hari Rabu, 8 Januari 2020 pukul 14.01 WIB.  
<https://completemedicalservices.com/> diakses pada hari Rabu, 8 Januari 2020 pukul 14.24 WIB.  
<https://www.researchgate.net/> diakses pada hari Sabtu, 11 Januari 2020 pukul 22.05 WIB.



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Rima Miza Khoiriyah
2. Tempat & Tgl. Lahir : Jakarta, 25 April 1995
3. Alamat : Jl. KH. Thohir No. 41 Pedurungan Lor,  
Pedurungan, Semarang
4. HP : 085600498890
5. E-mail : [rimamiza29@gmail.com](mailto:rimamiza29@gmail.com)

### B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal :
  - a. SDN Pamulang 3 Tang-Sel tahun 2001-2007
  - b. MTs Futuhiyyah 2 Mranggen tahun 2007-2010
  - c. MA Futuhiyyah 2 Mranggen tahun 2010-2013
  - d. UIN Walisongo Semarang tahun 2015-2020
2. Pendidikan Non-Formal
  - a. Madrasah Diniyah Hidayatul Muttaqien  
Pamulang
  - b. Pondok Pesantren Al-Badriyyah Mranggen
  - c. Pondok Pesantren Roudhotul Jannah Kudus

Semarang, 22 Maret 2020

Rima Miza Khoiriyah  
NIM. 1508026002

**Lampiran 1 : Perhitungan Dosis Efektif**

- a.  $D_{\text{Eff}} = 541,05 \times 0,015 = 8,12 \text{ mSv}$
- b.  $D_{\text{Eff}} = 523,83 \times 0,015 = 7,86 \text{ mSv}$
- c.  $D_{\text{Eff}} = 283,28 \times 0,015 = 4,25 \text{ mSv}$
- d.  $D_{\text{Eff}} = 456,78 \times 0,015 = 6,85 \text{ mSv}$
- e.  $D_{\text{Eff}} = 270,45 \times 0,015 = 4,06 \text{ mSv}$
- f.  $D_{\text{Eff}} = 599,39 \times 0,015 = 8,99 \text{ mSv}$
- g.  $D_{\text{Eff}} = 680,06 \times 0,015 = 10,20 \text{ mSv}$
- h.  $D_{\text{Eff}} = 517,81 \times 0,015 = 7,77 \text{ mSv}$
- i.  $D_{\text{Eff}} = 507,14 \times 0,015 = 7,61 \text{ mSv}$
- j.  $D_{\text{Eff}} = 588,60 \times 0,015 = 8,83 \text{ mSv}$
- k.  $D_{\text{Eff}} = 345,72 \times 0,015 = 5,19 \text{ mSv}$
- l.  $D_{\text{Eff}} = 281,46 \times 0,015 = 4,22 \text{ mSv}$
- m.  $D_{\text{Eff}} = 768,49 \times 0,015 = 11,53 \text{ mSv}$
- n.  $D_{\text{Eff}} = 463,08 \times 0,015 = 6,95 \text{ mSv}$
- o.  $D_{\text{Eff}} = 483,32 \times 0,015 = 7,25 \text{ mSv}$
- p.  $D_{\text{Eff}} = 424,33 \times 0,015 = 6,36 \text{ mSv}$
- q.  $D_{\text{Eff}} = 539,88 \times 0,015 = 8,10 \text{ mSv}$
- r.  $D_{\text{Eff}} = 990,84 \times 0,015 = 14,90 \text{ mSv}$
- s.  $D_{\text{Eff}} = 735,80 \times 0,015 = 11,04 \text{ mSv}$
- t.  $D_{\text{Eff}} = 997,36 \times 0,015 = 14,96 \text{ mSv}$
- u.  $D_{\text{Eff}} = 311,20 \times 0,015 = 4,67 \text{ mSv}$
- v.  $D_{\text{Eff}} = 416,68 \times 0,015 = 6,25 \text{ mSv}$
- w.  $D_{\text{Eff}} = 413,06 \times 0,015 = 6,20 \text{ mSv}$
- x.  $D_{\text{Eff}} = 446,75 \times 0,015 = 6,70 \text{ mSv}$
- y.  $D_{\text{Eff}} = 253,21 \times 0,015 = 3,80 \text{ mSv}$

**Lampiran 2 : Perhitungan Dosis Ekivalen Organ**

- a. Organ sumsum merah tulang, usus besar, paru-paru, lambung, payudara, dan organ lain (adrenal, daerah ekstratorak (ET), kandung empedu, jantung, ginjal, kelenjar getah bening, otot, oral mukosa, pankreas, prostat/uterus, usus kecil, limpa, dan kelenjar timus)

- 1)  $D_{Ek} = 541,05 \times 0,12 = 65 \text{ mSv}$
- 2)  $D_{Ek} = 523,83 \times 0,12 = 63 \text{ mSv}$
- 3)  $D_{Ek} = 283,28 \times 0,12 = 34 \text{ mSv}$
- 4)  $D_{Ek} = 456,78 \times 0,12 = 55 \text{ mSv}$
- 5)  $D_{Ek} = 270,45 \times 0,12 = 32 \text{ mSv}$
- 6)  $D_{Ek} = 599,39 \times 0,12 = 72 \text{ mSv}$
- 7)  $D_{Ek} = 680,06 \times 0,12 = 82 \text{ mSv}$
- 8)  $D_{Ek} = 517,81 \times 0,12 = 62 \text{ mSv}$
- 9)  $D_{Ek} = 507,14 \times 0,12 = 61 \text{ mSv}$
- 10)  $D_{Ek} = 588,60 \times 0,12 = 71 \text{ mSv}$
- 11)  $D_{Ek} = 345,72 \times 0,12 = 41 \text{ mSv}$
- 12)  $D_{Ek} = 281,46 \times 0,12 = 34 \text{ mSv}$
- 13)  $D_{Ek} = 768,49 \times 0,12 = 92 \text{ mSv}$
- 14)  $D_{Ek} = 463,08 \times 0,12 = 56 \text{ mSv}$
- 15)  $D_{Ek} = 483,32 \times 0,12 = 58 \text{ mSv}$
- 16)  $D_{Ek} = 424,33 \times 0,12 = 51 \text{ mSv}$
- 17)  $D_{Ek} = 539,88 \times 0,12 = 65 \text{ mSv}$
- 18)  $D_{Ek} = 990,84 \times 0,12 = 119 \text{ mSv}$
- 19)  $D_{Ek} = 735,80 \times 0,12 = 88 \text{ mSv}$
- 20)  $D_{Ek} = 997,36 \times 0,12 = 120 \text{ mSv}$
- 21)  $D_{Ek} = 311,20 \times 0,12 = 37 \text{ mSv}$
- 22)  $D_{Ek} = 416,68 \times 0,12 = 50 \text{ mSv}$

$$23) D_{Ek} = 413,06 \times 0,12 = 50 \text{ mSv}$$

$$24) D_{Ek} = 446,75 \times 0,12 = 54 \text{ mSv}$$

$$25) D_{Ek} = 253,21 \times 0,12 = 30 \text{ mSv}$$

b. Organ gonad

$$1) D_{Ek} = 541,05 \times 0,8 = 43 \text{ mSv}$$

$$2) D_{Ek} = 523,83 \times 0,8 = 42 \text{ mSv}$$

$$3) D_{Ek} = 283,28 \times 0,8 = 23 \text{ mSv}$$

$$4) D_{Ek} = 456,78 \times 0,8 = 37 \text{ mSv}$$

$$5) D_{Ek} = 270,45 \times 0,8 = 22 \text{ mSv}$$

$$6) D_{Ek} = 599,39 \times 0,8 = 48 \text{ mSv}$$

$$7) D_{Ek} = 680,06 \times 0,8 = 54 \text{ mSv}$$

$$8) D_{Ek} = 517,81 \times 0,8 = 41 \text{ mSv}$$

$$9) D_{Ek} = 507,14 \times 0,8 = 41 \text{ mSv}$$

$$10) D_{Ek} = 588,60 \times 0,8 = 47 \text{ mSv}$$

$$11) D_{Ek} = 345,72 \times 0,8 = 28 \text{ mSv}$$

$$12) D_{Ek} = 281,46 \times 0,8 = 23 \text{ mSv}$$

$$13) D_{Ek} = 768,49 \times 0,8 = 61 \text{ mSv}$$

$$14) D_{Ek} = 463,08 \times 0,8 = 37 \text{ mSv}$$

$$15) D_{Ek} = 483,32 \times 0,8 = 39 \text{ mSv}$$

$$16) D_{Ek} = 424,33 \times 0,8 = 34 \text{ mSv}$$

$$17) D_{Ek} = 539,88 \times 0,8 = 43 \text{ mSv}$$

$$18) D_{Ek} = 990,84 \times 0,8 = 79 \text{ mSv}$$

$$19) D_{Ek} = 735,80 \times 0,8 = 59 \text{ mSv}$$

$$20) D_{Ek} = 997,36 \times 0,8 = 80 \text{ mSv}$$

$$21) D_{Ek} = 311,20 \times 0,8 = 25 \text{ mSv}$$

$$22) D_{Ek} = 416,68 \times 0,8 = 33 \text{ mSv}$$

$$23) D_{Ek} = 413,06 \times 0,8 = 33 \text{ mSv}$$

$$24) D_{Ek} = 446,75 \times 0,8 = 36 \text{ mSv}$$

$$25) D_{Ek} = 253,21 \times 0,8 = 20 \text{ mSv}$$

c. Organ kandung kemih, kerongkongan, hati dan kelenjar tiroid

- 1)  $D_{Ek} = 541,05 \times 0,04 = 22 \text{ mSv}$
- 2)  $D_{Ek} = 523,83 \times 0,04 = 21 \text{ mSv}$
- 3)  $D_{Ek} = 283,28 \times 0,04 = 11 \text{ mSv}$
- 4)  $D_{Ek} = 456,78 \times 0,04 = 18 \text{ mSv}$
- 5)  $D_{Ek} = 270,45 \times 0,04 = 11 \text{ mSv}$
- 6)  $D_{Ek} = 599,39 \times 0,04 = 24 \text{ mSv}$
- 7)  $D_{Ek} = 680,06 \times 0,04 = 27 \text{ mSv}$
- 8)  $D_{Ek} = 517,81 \times 0,04 = 21 \text{ mSv}$
- 9)  $D_{Ek} = 507,14 \times 0,04 = 20 \text{ mSv}$
- 10)  $D_{Ek} = 588,60 \times 0,04 = 24 \text{ mSv}$
- 11)  $D_{Ek} = 345,72 \times 0,04 = 14 \text{ mSv}$
- 12)  $D_{Ek} = 281,46 \times 0,04 = 11 \text{ mSv}$
- 13)  $D_{Ek} = 768,49 \times 0,04 = 31 \text{ mSv}$
- 14)  $D_{Ek} = 463,08 \times 0,04 = 19 \text{ mSv}$
- 15)  $D_{Ek} = 483,32 \times 0,04 = 19 \text{ mSv}$
- 16)  $D_{Ek} = 424,33 \times 0,04 = 17 \text{ mSv}$
- 17)  $D_{Ek} = 539,88 \times 0,04 = 22 \text{ mSv}$
- 18)  $D_{Ek} = 990,84 \times 0,04 = 40 \text{ mSv}$
- 19)  $D_{Ek} = 735,80 \times 0,04 = 29 \text{ mSv}$
- 20)  $D_{Ek} = 997,36 \times 0,04 = 40 \text{ mSv}$
- 21)  $D_{Ek} = 311,20 \times 0,04 = 12 \text{ mSv}$
- 22)  $D_{Ek} = 416,68 \times 0,04 = 17 \text{ mSv}$
- 23)  $D_{Ek} = 413,06 \times 0,04 = 17 \text{ mSv}$
- 24)  $D_{Ek} = 446,75 \times 0,04 = 18 \text{ mSv}$
- 25)  $D_{Ek} = 253,21 \times 0,04 = 10 \text{ mSv}$

d. Organ permukaan tulang, otak, kelenjar ludah dan kulit

- 1)  $D_{Ek} = 541,05 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 2)  $D_{Ek} = 523,83 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 3)  $D_{Ek} = 283,28 \times 0,01 = 3 \text{ mSv}$
- 4)  $D_{Ek} = 456,78 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 5)  $D_{Ek} = 270,45 \times 0,01 = 3 \text{ mSv}$
- 6)  $D_{Ek} = 599,39 \times 0,01 = 6 \text{ mSv}$
- 7)  $D_{Ek} = 680,06 \times 0,01 = 7 \text{ mSv}$
- 8)  $D_{Ek} = 517,81 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 9)  $D_{Ek} = 507,14 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 10)  $D_{Ek} = 588,60 \times 0,01 = 6 \text{ mSv}$
- 11)  $D_{Ek} = 345,72 \times 0,01 = 3 \text{ mSv}$
- 12)  $D_{Ek} = 281,46 \times 0,01 = 3 \text{ mSv}$
- 13)  $D_{Ek} = 768,49 \times 0,01 = 8 \text{ mSv}$
- 14)  $D_{Ek} = 463,08 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 15)  $D_{Ek} = 483,32 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 16)  $D_{Ek} = 424,33 \times 0,01 = 4 \text{ mSv}$
- 17)  $D_{Ek} = 539,88 \times 0,01 = 5 \text{ mSv}$
- 18)  $D_{Ek} = 990,84 \times 0,01 = 10 \text{ mSv}$
- 19)  $D_{Ek} = 735,80 \times 0,01 = 7 \text{ mSv}$
- 20)  $D_{Ek} = 997,36 \times 0,01 = 10 \text{ mSv}$
- 21)  $D_{Ek} = 311,20 \times 0,01 = 3 \text{ mSv}$
- 22)  $D_{Ek} = 416,68 \times 0,01 = 4 \text{ mSv}$
- 23)  $D_{Ek} = 413,06 \times 0,01 = 4 \text{ mSv}$
- 24)  $D_{Ek} = 446,75 \times 0,01 = 4 \text{ mSv}$
- 25)  $D_{Ek} = 253,21 \times 0,01 = 3 \text{ mSv}$

**Lampiran 3 : Perhitungan Faktor Risiko Kanker**

- a. Faktor risiko kanker =  $4,25 \times 0,0055\% = 0,023\%$
- b. Faktor risiko kanker =  $4,06 \times 0,0055\% = 0,022\%$
- c. Faktor risiko kanker =  $4,22 \times 0,0055\% = 0,023\%$
- d. Faktor risiko kanker =  $8,12 \times 0,0055\% = 0,045\%$
- e. Faktor risiko kanker =  $7,25 \times 0,0055\% = 0,04\%$
- f. Faktor risiko kanker =  $6,95 \times 0,0055\% = 0,038\%$
- g. Faktor risiko kanker =  $8,99 \times 0,0055\% = 0,049\%$
- h. Faktor risiko kanker =  $8,1 \times 0,0055\% = 0,045\%$
- i. Faktor risiko kanker =  $6,7 \times 0,0055\% = 0,037\%$
- j. Faktor risiko kanker =  $11,04 \times 0,0055\% = 0,06\%$
- k. Faktor risiko kanker =  $6,25 \times 0,0055\% = 0,034\%$
- l. Faktor risiko kanker =  $3,8 \times 0,0055\% = 0,02\%$
- m. Faktor risiko kanker =  $10,2 \times 0,0055\% = 0,056\%$
- n. Faktor risiko kanker =  $8,83 \times 0,0055\% = 0,049\%$
- o. Faktor risiko kanker =  $7,61 \times 0,0055\% = 0,042\%$
- p. Faktor risiko kanker =  $4,67 \times 0,0055\% = 0,026\%$
- q. Faktor risiko kanker =  $11,53 \times 0,0055\% = 0,063\%$
- r. Faktor risiko kanker =  $7,86 \times 0,0055\% = 0,043\%$
- s. Faktor risiko kanker =  $6,85 \times 0,0055\% = 0,038\%$
- t. Faktor risiko kanker =  $14,9 \times 0,0055\% = 0,082\%$
- u. Faktor risiko kanker =  $6,36 \times 0,0055\% = 0,035\%$
- v. Faktor risiko kanker =  $5,19 \times 0,0055\% = 0,029\%$
- w. Faktor risiko kanker =  $6,2 \times 0,0055\% = 0,034\%$
- x. Faktor risiko kanker =  $14,96 \times 0,0055\% = 0,082\%$
- y. Faktor risiko kanker =  $7,77 \times 0,0055\% = 0,043\%$

**Lampiran 4 : Perhitungan Faktor Risiko Hereditas**

- a. Faktor risiko hereditas =  $4,25 \times 0,0002 \%$   
= 0,0008%
- b. Faktor risiko hereditas =  $4,06 \times 0,0002 \%$   
= 0,0008%
- c. Faktor risiko hereditas =  $4,22 \times 0,0002 \%$   
= 0,0008%
- d. Faktor risiko hereditas =  $8,12 \times 0,0002 \%$   
= 0,0016%
- e. Faktor risiko hereditas =  $7,25 \times 0,0002 \%$   
= 0,0014%
- f. Faktor risiko hereditas =  $6,95 \times 0,0002 \%$   
= 0,0014%
- g. Faktor risiko hereditas =  $8,99 \times 0,0002 \%$   
= 0,0022%
- h. Faktor risiko hereditas =  $8,1 \times 0,0002 \%$   
= 0,0013%
- i. Faktor risiko hereditas =  $6,7 \times 0,0002 \%$   
= 0,0008%
- j. Faktor risiko hereditas =  $11,04 \times 0,0002 \%$   
= 0,002%
- k. Faktor risiko hereditas =  $6,25 \times 0,0002 \%$   
= 0,0018%
- l. Faktor risiko hereditas =  $3,8 \times 0,0002 \%$   
= 0,0015%
- m. Faktor risiko hereditas =  $10,2 \times 0,0002 \%$   
= 0,0014%
- n. Faktor risiko hereditas =  $8,83 \times 0,0002 \%$   
= 0,0018%
- o. Faktor risiko hereditas =  $7,61 \times 0,0002 \%$   
= 0,0015%



- p. Faktor risiko hereditas =  $4,67 \times 0,0002 \%$   
= 0,0009%
- q. Faktor risiko hereditas =  $11,53 \times 0,0002 \%$   
= 0,0023%
- r. Faktor risiko hereditas =  $7,86 \times 0,0002 \%$   
= 0,0016%
- s. Faktor risiko hereditas =  $6,85 \times 0,0002 \%$   
= 0,0014%
- t. Faktor risiko hereditas =  $14,9 \times 0,0002 \%$   
= 0,003%
- u. Faktor risiko hereditas =  $6,36 \times 0,0002 \%$   
= 0,0013%
- v. Faktor risiko hereditas =  $5,19 \times 0,0002 \%$   
= 0,001%
- w. Faktor risiko hereditas =  $6,2 \times 0,0002 \%$   
= 0,0012%
- x. Faktor risiko hereditas =  $14,96 \times 0,0002 \%$   
= 0,003%
- y. Faktor risiko hereditas =  $7,77 \times 0,0002 \%$   
= 0,0016%

## Lampiran 5 : Surat Penunjukkan Pembimbing



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan, Semarang 50185  
Telp. (024) 7601295 Fax. 7615387

No : B-4607/Un.10.8/J2/PP.00.9/11/2019

Semarang, 5 November 2019

Lamp : -

Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Yth,

1. Edi Daenuri Anwar, M. Si
2. Agus Sudarmanto, M. Si

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Berdasarkan hasil pembahasan usul judul penelitian pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, maka disetujui judul skripsi mahasiswa :

Nama : Rima Miza Khoiriyah

NIM : 1508026002


Judul : *Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan Computed Tomography Scan Abdomen di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang*

Dan menunjuk :

1. Edi Daenuri Anwar, M. Si, sebagai pembimbing I
2. Agus Sudarmanto, M. Si, sebagai pembimbing II

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan, atas perhatian yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

a.n Dekan  
Fakultas Sains dan Teknologi, Studi Fisika,  
  
**Agus Sudarmanto, M.Si**  
NIP. 197708232009121001

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

## Lampiran 6 : Surat Izin Riset dari RSI Sultan Agung Semarang



Nomor : 3261/B/RSI-SA/XI/2019  
Lamp : -  
Hal : Ijin Riset

Semarang, 13 Nopember 2019 M  
16 Rabi'ul Awal 1441 H

Kepada Yth  
Dekan  
Fakultas Sains Dan Teknologi  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
Di  
Semarang

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Teriring rasa syukur semoga limpahan kasih sayang Allah SWT menyertai didalam melaksanakan tugas dan pengabdian kita. Aamiin.

Menjawab surat wakil dekan bidang akademik dan kelembagaan nomor : B.4664/Un.10.8/D1/TL00/11/2019 perihal permohonan penelitian bagi mahasiswa UIN Walisongo Semarang di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang, maka dengan ini kami sampaikan bahwa Direktur Pendidikan dan Penunjang Medis RSI Sultan Agung memberikan ijin mahasiswa berikut :

Nama : Rima Miza Khoiriyah.  
NIM : 1508026002  
Fakultas : Fakultas Sains Dan Teknologi.  
Jurusan : Fisika.  
Universitas : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang  
Judul Penelitian : Analisis Estimasi Dosis Radiasi Dan Faktor Resiko Pada Pemeriksaan Pelvis Menggunakan *Computed Tomography Scan* (CT-Scan) Di Rumah Sakit Islam (RSI) Sultan Agung Semarang.  
Pembimbing : Agus Sudarmanto, M.Si. (Pembimbing I).  
Edi Daenuri Anwar, M.Si. (Pembimbing II).

Untuk melakukan penelitian di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.  
Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Billahittaufiq wal hidayah  
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

RSI SULTAN AGUNG SEMARANG  
  
 Direktur Pendidikan & Penunjang Medis

Tembusan  
1. Kepala Instalasi Radiologi  
2. Penjab Radiologi.  
3. Arsip.

Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang 50112 Jawa Tengah, Indonesia  
Telp. +62 2465 800 19 | Fax. +62 2465 819 28 | Hotline : +62 85 100 41 2424  
email : rs@rsisultanagung.co.id | www.rsisultanagung.co.id



## Lampiran 7 : Surat Selesai Riset dari RSI Sultan Agung Semarang




**SURAT KETERANGAN  
SELESAI PENELITIAN**  
NOMOR : 58/B/RSI-SA/III/2020

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : dr. Mir Idris Fashawari, M. Sc, Sp. GK  
Jabatan : Direktur Pendidikan & Penunjang Medik

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa;

Nama : Rima Miza Khoiriyah,  
NIM : 1508026002,  
Jurusan : Fisika,  
Fakultas : Fakultas Sains Dan Teknologi,  
Institusi : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Telah melaksanakan Penelitian di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang pada tanggal 13 Nopember 2019 sampai dengan 23 Maret 2020 dalam rangka penyusunan skripsi dengan judul Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan *Computed Tomography Scan* Abdomen di Rumah Sakit Islam (RSI) Sultan Agung Semarang,

Demikian surat keterangan ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 23 Maret 2020 M  
28 Rajab 1441 H

RUMAH SAKIT ISLAM  
SULTAN AGUNG SEMARANG



**Restu Han E**

ISLAMIC TEACHING HOSPITAL

dr. **Nurhidayah Fashawari, M. Sc, Sp. GK,**

Direktur Pendidikan



www.rsisultanagung.co.id

### **Lampiran 8 : Hasil Wawancara Uji Kesesuaian Alat**

Sebelum melakukan penelitian, penulis melakukan wawancara dengan Bapak Slamet Riyanto, S.Si selaku penanggung jawab Instalasi Radiologi di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang terkait alat yang digunakan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Computed Tomography Scan* (CT Scan) merk GE Optima CT660 milik Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang yang telah lolos uji kesesuaian pesawat sinar-x yang dilakukan pada bulan Agustus 2019 oleh PT. Spektrum Kreasi Pratama.

Uji kesesuaian pesawat sinar-x dilakukan secara berkala oleh instansi yang memiliki izin dari BAPETEN untuk melakukan uji yang telah diatur dalam Peraturan Kepala BAPETEN.

Parameter yang digunakan untuk mengetahui kondisi alat diantaranya uji kesesuaian laser penanda, akurasi keluaran tegangan, linearitas *CT Number*, *CT Number* rata-rata dan uniformitas dan CTDI. Berikut penjelasannya.

### a. Uji Kesesuaian Laser Penanda

Laser penanda berfungsi untuk menandai posisi organ yang akan diperiksa. Nilai ketepatan posisi laser penanda yang tidak memenuhi nilai lolos uji akan berpengaruh pada kualitas citra, sehingga berpengaruh juga pada ketepatan diagnosa. Uji kesesuaian laser penanda dilakukan dengan mengevaluasi hasil gambar scan pertama posisi fantom sehingga keselarasan garis dapat diverifikasi. Uji kesesuaian ini dilakukan dengan cara memposisikan fantom di pusat *gantry* kemudian menyalakan laser penanda CT Scan. Kemudian memberi tanda garis jatuhnya sinar laser pada permukaan fantom, satu di bagian atas dan dua di bagian tepi-tepi fantom. Kemudian melakukan *scanning* pada fantom dan mengamati gambar yang dihasilkan. Hasil uji menunjukkan *sagital axis alignment* mempunyai deviasi pada citra sebesar 0,45 mm dan *coronal axis alignment* sebesar 0,39 mm. Hal ini masih dapat ditolerir karena maksimal ketidaktepatan menurut BAPETEN adalah 0,5 mm dan menurut standar Australia Barat sebesar 2 mm.

### **b. Uji Kesesuaian Akurasi Keluaran Tegangan**

Uji kesesuaian akurasi keluaran tegangan dilakukan dengan tahapan mempersiapkan alat dan pengaturan parameter sesuai dengan standar protokol uji, meletakkan detektor tegangan pada pusat *gantry* menggunakan laser penanda, memvariasikan tegangan, kemudian eror data dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{error} = \left| \frac{kV_{p\text{set}} - kV_{p\text{ukur}}}{kV_{p\text{set}}} \right| \times 100\%$$

Hasil pengukuran keluaran kV atau tegangan pada CT Scan didapatkan penyimpangan paling besar senilai 2,12 % pada tegangan 140 kV. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi alat baik untuk digunakan karena hasil pengukuran keluaran tegangan alat ini tidak melebihi standar maksimal penyimpangan untuk keluaran tegangan menurut BAPETEN sebesar 6 % dan standar Australia Barat sebesar 5 %.

### **c. Uji Kesesuaian Linearitas *CT Number***

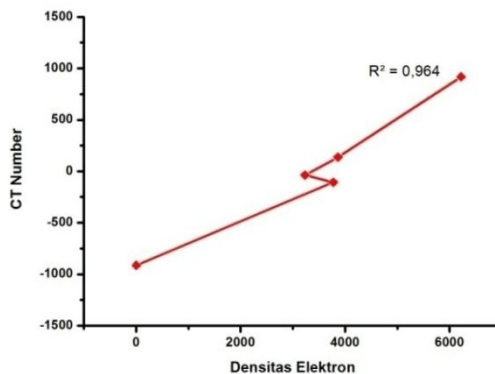
Uji kesesuaian linearitas *CT Number* bertujuan untuk mengetahui hubungan nilai *CT Number* dari beberapa material yang ada pada fantom (udara, LDFE, polystyrene, acrylic, dan teflon) dengan densitas elektron material tersebut. Nilai *CT Number* material



yang berbeda dibandingkan dengan nilai *CT Number* referensi dengan cara membuat ROI (*Region of Interest*) pada setiap gambaran material. Nilai *CT Number* harus memiliki hubungan yang linear dengan nilai densitas elektronnya.

Tabel nilai *CT Number* pengukuran pada masing-masing material

No.	Material obyek	<i>CT Number</i> terukur	Densitas elektron ( $\text{e.m}^{-3} \times 10^{23}$ )
1	Udara	-913,16	4
2	LDFE	-105,8	3775
3	Polystyrene	-36,94	3235
4	Acrylic	137,15	3865
5	Teflon	917,54	6220



Gambar grafik hubungan *CT Number* dengan densitas elektron

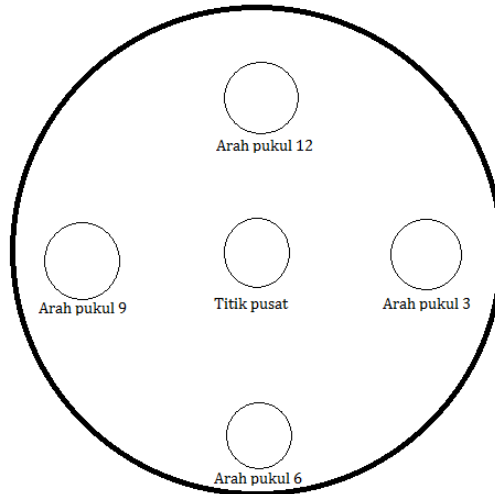
Nilai koefisien korelasi pada grafik di atas sebesar 0,964, dimana standar korelasi yang diperbolehkan yaitu diatas 0,990. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai linearitas *CT Number* sesuai dengan standar BAPETEN dan standar Australia Barat.

**d. Uji Kesesuaian *CT Number* rata-rata dan uniformitas**

Uji kesesuaian *CT Number* rata-rata dan uniformitas bertujuan untuk mengetahui *CT Number* rata-rata pada air dan uniformitasnya serta menghitung *noise* pada hasil gambaran. Pengolahan hasil gambaran dengan cara memilih posisi *region of interest* (ROI) pada lima titik yaitu pada arah jam 12, arah jam 3, arah jam 6, arah jam 9 dan di titik pusat atau tengah.

*CT Scan Number* merupakan nilai koefisien pelemahan energi sinar-x yang ditentukan oleh rata-rata sinar-x. Uji ini dilakukan dengan tahapan meletakkan *water phantom* pada meja pemeriksaan dengan panduan laser penanda, melakukan *scanning* awal kemudian menentukan banyaknya irisan *scanning*, membuat ROI (*Regions of Interest*) pada pusat citra, arah jam 12, arah jam 3, arah jam 6 dan arah jam 9. Selanjutnya

melakukan perhitungan selisih *CT Number* empat tepi dengan *CT Number* di pusat citra.



Gambar ilustrasi hasil citra *CT Number*

Tabel hasil pengukuran nilai *CT Number* pada air

No.	Posisi ROI	<i>CT Number</i> terukur
1	Arah jam 12	1,069
2	Arah jam 3	0,7002
3	Arah jam 6	0,5588
4	Arah jam 9	1,014
5	Pusat	-0,0702

Nilai *CT Number* pada posisi tengah sesuai dengan standar jika tidak melebihi nilai 4 *CT Number* dari angka awal 0 dan juga nilai *CT Number* pada posisi tepi fantom yaitu pada arah jam 12, 3, 6, 9 tidak boleh

melebihi nilai 2 *CT Number* posisi tengah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *CT Number* rata-rata dan uniformitasnya sesuai dengan standar karena pengukuran pada posisi tengah tidak melebihi nilai 4 *CT Number* dari 0 dan selisih antara nilai *CT Number* posisi tengah dan arah jam 12, 3, 6, 9 tidak lebih dari 2 *CT Number* yaitu sebesar 1,1392.

Hasil pengukuran *noise* menunjukkan bahwa nilai *noise* pada CT Scan sesuai dengan standar karena hasil keseragaman *noise* menunjukkan nilai 0,169 dimana masih dibawah standar 2 *CT Number*.

Tabel hasil pengukuran *noise*

No.	Posisi ROI	Nilai <i>noise</i>
1	Arah jam 12	2,357
2	Arah jam 3	2,293
3	Arah jam 6	2,147
4	Arah jam 9	2,344
5	Pusat	2859

#### e. Uji Kesesuaian CTDI

Uji kesesuaian CTDI bertujuan untuk mengetahui keakuratan data dosis dari pesawat CT Scan pada setiap pemeriksaan dengan cara menghitung perbedaan antara nilai CTDI pengukuran dengan data yang ada di pesawat CT Scan. Pengukuran

menggunakan fantom CTDI 32 cm karena sesuai dengan penelitian yang akan diteliti yaitu pemeriksaan pada bagian abdomen. Batas toleransi yang diberikan oleh BAPETEN dan British Columbia CDC adalah sebesar 20 % (British Columbia CDC, 2000).

Uji kesesuaian CTDI dilakukan dengan tahapan pertama memposisikan fantom pada pusat *gantry* kemudian memasukkan *pencil ion chamber* ke dalam lubang pada pusat fantom. Selanjutnya mencatat parameter tegangan dan kuat arus yang digunakan dan melakukan *scanning*. Nilai CTDI dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$CTDI_W = \frac{1}{3}CTDI_{100} + \frac{2}{3}CTDI_{100}$$

Nilai CTDI<sub>vol</sub> terukur adalah 22,67, sedangkan nilai CTDI<sub>vol</sub> dalam konsol adalah 28,78 sehingga didapatkan nilai deviasi CTDI<sub>vol</sub> adalah -21,22 %. Hasil ini menunjukkan bahwa pesawat CT Scan dapat digunakan karena nilai deviasi CTDI<sub>vol</sub> berada dibawah batas toleransi yang telah diberikan BAPETEN dan British Columbia CDC.

Hasil dari uji kesesuaian pesawat sinar-x yang telah dilakukan menyatakan bahwa kondisi pesawat sinar-x

tersebut baik untuk digunakan berdasarkan standar yang telah ditentukan BAPETEN, standar Australia Barat dan British Columbia CDC.



Tabel nilai standar uji kesesuaian pesawat sinar-x dari BAPETEN (BAPETEN, 2011) dan Australia Barat dan British Columbia CDC (Radiological Council of Western Australia, 2006)

No.	Parameter	Batas toleransi		Hasil uji	Status
		BAPETEN	Australia Barat		
1	Laser penanda	$\leq 0,5$ mm	2 mm	0,45 mm	Lolos
2	Keluaran tegangan	$\leq 6 \%$	5 %	2,12 %	Lolos
3	Linearitas <i>CT Number</i>	$R \geq 0,99$	$R > 0,990$	0,9975	Lolos
4	<i>CT Number</i> rata-rata dan uniformitas	$\leq 4$ CT	Maksimal noise-minimal noise $\leq 2$ CT	0,169	Lolos
5	CTDI	$< 20\%$	20 %	-21,22 %	Lolos

Setelah pesawat CT Scan dinyatakan lolos uji kesesuaian pesawat sinar-x, maka dilakukan pengambilan data DICOM 25 pasien pemeriksaan *computed tomography scan* abdomen satu fase dan tiga fase periode bulan Oktober sampai dengan bulan November 2019 di Rumah Sakit Islam Sultan Agung

Semarang. Data yang diambil yaitu berupa nilai *scan length*, CTDIvol dan *Dose Length Product* (DLP). Untuk data pemeriksaan abdomen tiga fase diambil nilai rata-ratanya.

## Lampiran 9 : Foto Copy Sertifikat Uji Kesesuaian Pesawat CT Scan RSI Sultan Agung Semarang

 <b>SPEKTRUM KREASI PRATAMA</b> Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X	
<u><b>SERTIFIKAT PENGUJIAN</b></u> S.064.0702/CT/UK-SKP/IX/2019	
<b>A. IDENTITAS PEMILIK</b>	
1. Nama Instansi	: Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung
2. Alamat Instansi	: Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Jawa Tengah
3. No. Telepon / Fax	: 024-6580019
<b>B. DATA PESAWAT</b>	
1. Jenis Pesawat Sinar-X	: Radiografi CT-Scan
2. Lokasi Uji	: Ruang CT Scan RSI Sultan Agung Semarang
<b>C. SPESIFIKASI ALAT</b>	
<b>1. GENERATOR</b>	
Pabrikasi	: GE
Type / Model	: 5454001-23/Optima CT660
No. Seri	: 50H31YCS
<b>3. WIADAH TABUNG ( TUBE HOUSING)</b>	
Pabrikasi	: GE
Type / Model	: 2137130-11
No. Seri	: 14314SBC1
<b>2. TABUNG INSERSI ( INSERT TUBE)</b>	
Pabrikasi	: GE
Type / Model	: 2120785-2
No. Seri	: 136396B19
<b>4. KOLIMATOR ( COLLIMATOR)</b>	
Pabrikasi	: -
Type / Model	: -
No. Seri	: -
Tanggal Pengujian : 07 Agustus 2019	
Penguji Berkeahlikaan : Yuthi Yudharta, A.Md, Rad	
Depok, 02 September 2019 <b>PT. SPEKTRUM KREASI PRATAMA</b>  <b>HENDRA SAPUTRA</b> Direktur	