

**SKRIPSI**

**PENGARUH TEGANGAN TABUNG DAN TEBAL *SLICE* TERHADAP  
*NOISE LEVEL* YANG DITIMBULKAN PADA PESAWAT CT SCAN  
MENGUNAKAN *PHANTOM* AAPM**

**GISELA GERARD**

**H021 19 1029**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**PENGARUH TEGANGAN TABUNG DAN TEBAL *SLICE* TERHADAP  
*NOISE LEVEL* YANG DITIMBULKAN PADA PESAWAT CT SCAN  
MENGUNAKAN *PHANTOM* AAPM**

**SKRIPSI**

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

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GISELA GERARD**

**H021 19 1029**

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

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH TEGANGAN TABUNG DAN TEBAL *SLICE* TERHADAP *NOISE LEVEL* YANG DITIMBULKAN PADA PESAWAT CT SCAN MENGGUNAKAN *PHANTOM* AAPM**

Disusun dan diajukan oleh:

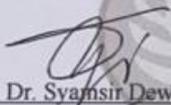
**GISELA GERARD**

**H021 19 1029**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 23 November 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

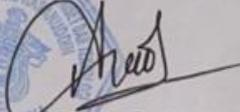
Pembimbing Utama,

  
Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc.  
NIP. 19630111990021001

Pembimbing Pertama,

  
Bannu, S.Si., M.Si.  
NIP. 197305021998021002

Ketua Program Studi,

  
Prof. Dr. Arifin, M.T.  
NIP. 196705201994031002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gisela Gerard  
NIM : H021 19 1029  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Pengaruh Tegangan Tabung dan Tebal Slice terhadap *Noise Level* yang  
Ditimbulkan pada Pesawat CT Scan Menggunakan Phantom AAPM**

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

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

Makassar, 23 November 2022

Yang Menyatakan,

  
Gisela Gerard

## ABSTRAK

CT *scan* telah berkembang pesat dalam teknologi khususnya dalam bidang pencitraan medis. Salah satu masalah dalam perkembangan penggunaan CT scan dengan menggunakan variasi tegangan tabung dan tebal irisan adalah bagaimana mengurangi nilai *noise* pada setiap hasil citra CT *Scan*. Maka harus dioptimalkan dengan melakukan penyesuaian parameter pemindaian yaitu tegangan tabung (kV), arus waktu rotasi (mAs) dan ketebal irisan dari objek (mm). Analisis keseragaman *noise* citra digunakan untuk mengetahui hasil citra yang dihasilkan dengan menghitung variasi *noise* pada ROI yang berbeda dan mengetahui bahwa hasil analisis *noise* masih dalam batas toleransi yang ditetapkan sebagai uji kesesuaian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi tegangan tabung dan variasi ketebalan irisan terhadap *noise* yang dihasilkan serta menganalisis penentuan nilai optimal tegangan tabung dan tebal slice terhadap *noise*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai *noise* yang didapatkan berbanding terbalik dengan tegangan tabung dan tebal irisan yang digunakan serta nilai *noise* level yang paling rendah, yaitu 0.05% dengan parameter yang digunakan adalah tegangan tabung 140 kV dan tebal irisan 5 mm. Hasil pengukuran yang didapatkan dengan menggunakan variasi tegangan tabung dan tebal irisan tidak melebihi 2, yang artinya masih dalam ketentuan standar BAPETEN.

**Kata Kunci:** CT *scan*, *noise*, *phantom*, tegangan tabung, tebal irisan

## **ABSTRACT**

CT scan have developed rapidly in technology especially in the field of medical imaging. One of the problems in the development of the use of CT scan using variations in tube voltage and wedge thickness is how to reduce the noise value in each CT Scan image result. Then it must be optimized by adjusting the spawning parameters, namely the tube voltage (kV), the rotational time current (mAs) and the thickness of the wedge of the object (mm). Image noise uniformity analysis is used to determine the resulting image results by calculating noise variations at different ROI and knowing that the noise analysis results are still within the tolerance limits set as conformity tests. Image noise uniformity analysis is used to determine the resulting image results by calculating noise variations at different ROI and knowing that the noise analysis results are still within the tolerance limits set as conformity tests. This study aims to analyze the effect of variations in tube voltage and variations in the thickness of the wedge on the noise produced and analyze the determination of the optimal value of tube voltage and slice thickness on noise. The results obtained show that the noise value obtained is inversely proportional to the tube voltage and the thickness of the wedge used and the lowest noise level value, which is 0.05% with the parameters used is a tube voltage of 140 kV and a slice thickness of 5 mm. The measurement results obtained using variations in tube voltage and wedge thickness do not exceed 2, which means that it is still within the provisions of the BAPETEN standard.

**Keywords:** CT scan, noise, phantom, tube voltage, slice thickness

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkat dan anugrah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“Pengaruh Tegangan Tabung dan Tebal Slice terhadap Noise Level yang Ditimbulkan pada Pesawat CT Scan Menggunakan Phantom AAPM”** yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dalam penyelesaian skripsi, penulis telah mengalami berbagai hambatan dari tahap awal penelitian sampai akhir penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun, atas kehendak-Nya dan dukungan dari banyak pihak yang sangat berarti, sehingga penulis termotivasi dan semangat untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, Ayahanda **Gerardus Santo** dan Ibunda **Ermin Pasang** yang selalu mendoakan, memberi semangat, kasih sayang, dan nasihat kepada penulis. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan kesehatan, keberkahan, dan meridhai penulis untuk selalu membahagiakan dan membanggakan beliau.
2. **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc.** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak **Bannu, S.Si., M.Si.** selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah membimbing dan meluangkan waktu, tenaga, serta pemikirannya untuk penulis, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Semoga Prof dan Bapak selalu diberi kesehatan oleh Tuhan Yang Maha Esa.
3. **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.** selaku Dosen Penguji Pertama dan **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.** selaku Dosen Penguji Kedua yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran, diskusi, dan ilmu untuk menjadikan skripsi ini lebih baik. Semoga Prof dan Ibu selalu diberi kesehatan oleh Tuhan Yang Maha Esa.

4. **Prof. Dr. Arifin, M.T.** selaku Ketua Departemen Fisika serta **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin**, terimakasih Bapak/Ibu telah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan menjadi bekal untuk masa depan penulis.
5. Ibu/Bapak **staff Pegawai FMIPA UNHAS**, terutama **Staf Departemen Fisika: Ibu Rana, Pak Syukur, dan Ibu Evi** yang selalu membantu penulis selama proses administrasi di kampus.
6. **Kedua adek laki-laki** tercinta yang selalu memberikan bantuan dan dukungan selama proses perkuliahan kepada penulis. Semoga selalu diberi kesehatan dan kemudahan oleh Tuhan Ynag Maha Esa.
7. **Kak Nurul Magfirawati** dan **Ibu Ulfah Rosyidah** yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama pengambilan data di rumah sakit.
8. Teman-teman terbaikku **Pittinya Haechan, Ratih, Ririn, Mutiara jodoh Kim Taehyung, Salsa, Widya, dan Jasmine**. Terima kasih sudah menjadi teman yang sangat baik selama menempuh masa perkuliahan ini dan mengajarkan banyak hal. Pengalaman yang luar biasa bersama kalian akan menjadi moment yang tak terlupakan dan sangat dirindukan. Semoga pertemanan kita akan terus berlanjut sampai rambut kita mulai memutih.
9. **Kak Jube, Kak Tiwi, Kak Ros, Kak Geby, dan Sherin**. Terima kasih selalu menemani disegala situasi. Semoga kalian tetap sehat dan selalu diberkati oleh Tuhan Yesus.
10. **Selin, Beby, dan Angel** Terima kasih banyak selalu menyemangati dan memotivasi untuk menjadi lebih baik dalam segala hal. Semoga kalian cepat mendapatkan pekerjaan dan tetap semangat dalam menyusun tugas akhir.
11. **Nurul, Sania, Enjelin, Maria, Hajrul, Gunawan dan Yoriska**. Terima kasih selalu memberikan pengalaman unik dan menarik selama masa perkuliahan penulis. Semoga kalian dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu dan baik.
12. **Matrik, Ayalon, dan Aser**. Terima kasih karena selalu mendukung dan memberikan semangat dalam segala hal kepada penulis. Semoga kalian selalu diberkati dalam pekerjaan dan dalam menempuh pendidikan S2.

13. **Lab Teori** dan **mahasiswa lab teori** terima kasih banyak karena selalu bersedia menampung penulis ketika membutuhkan tempat dalam mengurus berkas dan skripsi, serta selalu menghibur penulis dalam masa pengerjaan skripsi. Semoga kalian sehat selalu dan bahagia.
14. Teman-teman **KKN wilayah Gowa 9** diantaranya **Javier, Inno, Sandi, Haikal, Dani, Jalil, Fadhil, Abang, Wantes, Kafit, Nia, Ira, Nisa**, dan yang selalu ada yaitu **Salsa**. Terimakasih atas bantuannya selama KKN berlangsung, KKN penulis tidak akan berkesan tanpa adanya kalian semua. Semoga perkuliahan kalian semua tetap dilancarkan.
15. Teman-teman **KMK MIPA** dan **KMK Poltek**. Terima kasih karna telah membimbing penulis dalam keimanan selama masa perkuliahan. Semoga kalian semua selalu diberkati Tuhan Yesus.
16. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu. Semoga kalian tetap diberkati oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Harapan dari penulis hasil penelitian yang telah dilakukan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga ilmu yang diperoleh menjadi berkah.

Makassar, 23 November 2022

Gisela Gerard

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMBUNG</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
I.1 Latar Belakang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II.1 <i>CT Scan</i> .....	3
II.1.1 <i>Komponen CT Scan</i> .....	3
II.1.2 <i>Prinsip Kerja CT Scan</i> .....	4
II.2 <i>Faktor Eksposi</i> .....	5
II.2.1 <i>Tegangan Tabung (kV)</i> .....	5
II.2.2 <i>Arus Tabung (mA)</i> .....	5
II.2.3 <i>Waktu Eksposi (s)</i> .....	6
II.3 <i>Slice Thickness</i> .....	6
II.4 <i>CT Number</i> .....	6
II.5 <i>Noise</i> .....	7
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	10
III.1 <i>Waktu dan Tempat Penelitian</i> .....	10

III.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	10
III.2.1 Alat Penelitian.....	10
III.2.2 Bahan Penelitian.....	11
III.3 Prosedur Kerja .....	11
III.3.1 Prosedur Pemindaian.....	11
III.4 Bagan Alir Penelitian.....	13
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.1 Hasil Penelitian.....	14
IV.2 Pembahasan .....	16
IV.2.1 Analisis <i>Noise Level</i> .....	16
IV.2.2 Analisis Keseragaman <i>Noise</i> .....	20
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>22</b>
V.1 Kesimpulan .....	22
V.2 Saran.....	22
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>23</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>26</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b> Pesawat CT <i>scan</i> .....	10
<b>Gambar 3.2</b> Tampilan <i>Software Radiant</i> DICOM.....	10
<b>Gambar 3.3</b> <i>Phantom AAPM</i> .....	11
<b>Gambar 3.4</b> Aquabides .....	11
<b>Gambar 4.1</b> Hasil citra CT <i>Scan</i> untuk menentukan nilai <i>error</i> pengukuran CTN berdasarkan ROI tiap posisi .....	15
<b>Gambar 4.2</b> Nilai <i>noise level</i> pada variasi tegangan tabung dan variasi tebal irisan .....	19

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Nilai CT pada jaringan yang berbeda.....	7
<b>Tabel 3.1</b> Parameter yang digunakan untuk menilai <i>noise</i> pada <i>CT Scan</i> .....	12
<b>Tabel 4.1</b> Data hasil nilai error pengukuran CTN berdasarkan ROI tiap posisi.....	16
<b>Tabel 4.2</b> Perhitungan standar deviasi berdasarkan nilai error pengukuran CTN	17
<b>Tabel 4.3</b> Nilai noise level berdasarkan variasi tegangan tabung dan tebal irisan	18
<b>Tabel 4.4</b> Hasil perhitungan keseragaman noise variasi tegangan tabung dan variasi tebal irisan .....	20

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Tomografi terkomputerisasi (*computed tomography*, CT) adalah sistem pencitraan yang sering digunakan dalam pemeriksaan organ tubuh manusia dan perawatan kesehatan [1]. Sejak diperkenalkan untuk pertama kali pada tahun 1972 oleh Godfrey N. Hounsfield, CT *Scan* telah berkembang pesat dalam teknologi khususnya dalam bidang pencitraan medis. Salah satunya dengan menggunakan radiasi pengion untuk mengetahui ada atau tidaknya suatu kelainan pada organ tubuh tanpa harus melakukan proses pembedahan [2].

Prinsip panduan dari CT *Scan* adalah bagaimana menggunakan tingkat dosis yang rendah untuk mempertahankan akurasi diagnostik yang diterima. Namun penggunaan dosis radiasi rendah umumnya menghasilkan *noise* yang tinggi [3]. Maka harus dioptimalkan dengan melakukan penyesuaian parameter pemindaian yaitu tegangan tabung (kV), arus waktu rotasi (mAs) dan ketebal irisan dari objek (mm) [4].

Tegangan tabung dan arus waktu rotasi menyebabkan perubahan dosis radiasi, *noise* dan kontras citra [5]. Ketebalan irisan mempunyai pengaruh langsung terhadap resolusi citra yang dihasilkan pada saat *scanning*. Semakin tebal irisan maka resolusi citra akan semakin baik. Pengaturan tegangan tabung dan ketebalan irisan merupakan faktor yang mempengaruhi nilai *noise* [6].

Pengukuran *noise* merupakan salah satu pengujian yang sangat penting untuk dilakukan, karena nilai *noise* setelah dan sebelum kalibrasi memiliki perbedaan. Evaluasi *noise* yang dilakukan setiap hari dapat membantu mengurangi *noise* pada *phantom* yang digunakan [7].

*Noise* pada citra pesawat CT *Scan* dapat diketahui dari nilai standar deviasi ROI (*Region of Interest*). CT *Number* dapat dinyatakan dalam HU (*Hounsfield Unit*) pada material yang sama dengan standar yang telah ditetapkan [8]. Variasi tegangan tabung dengan ketebalan irisan dapat memunculkan nilai standar deviasi yang

beragam. Nilai standar deviasi tersebut dapat digunakan untuk mengukur *noise level*.

Salah satu masalah dalam perkembangan penggunaan *CT Scan* dengan menggunakan variasi tegangan tabung dan tebal irisan adalah bagaimana mengurangi nilai *noise* pada setiap hasil citra *CT Scan*. *Noise* yang rendah akan menghasilkan kualitas citra yang baik, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih akurat kepada tim medis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan eksperimen variasi tegangan tabung dan tebal *slice* terhadap *noise* yang dihasilkan.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi tegangan tabung dan variasi ketebalan irisan terhadap *noise* yang dihasilkan?
2. Bagaimana menentukan nilai optimal tegangan tabung dan tebal *slice* terhadap *noise*?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi tegangan tabung dan variasi ketebalan irisan terhadap *noise* yang dihasilkan
2. Menganalisis penentuan nilai optimal tegangan tabung dan tebal *slice* terhadap *noise*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 CT Scan**

CT *Scan* merupakan pesawat sinar-X yang menggunakan metode pencitraan tomografi dengan proses digital [9]. CT *Scan* pada awal dipergunakan hanya untuk pemindaian pada kepala, karena hal tersebut muncul ide baru untuk pemindaian otak [10]. Kemajuan teknologi CT *Scan* saat ini dimanfaatkan untuk pemeriksaan seluruh organ tubuh [11].

Gambar CT *Scan* dihasilkan dengan melewati sinar-X melalui tubuh pada sejumlah besar sudut dengan memutar tabung sinar-X disekitar tubuh [11]. Keuntungan menggunakan CT *Scan* adalah dapat menampilkan irisan tiga dimensi (3D) dari anatomi yang diinginkan, dengan demikian gambaran citra yang dihasilkan akan lebih jelas [12]. Pemindaian CT *Scan* mencakup berbagai parameter yang dapat diatur yaitu tegangan tabung, arus tabung, waktu rotasi, ketebalan irisan dan pitch [11].

##### **II.1.1 Komponen CT Scan**

CT *Scan* memiliki komponen dasar yaitu : *gantry*, meja pemeriksaan, komputer serta ruang operator konsul. *Gantry* dan meja pemeriksaan terletak di ruang pemeriksaan sedangkan komputer dan operator konsul terletak di dalam ruang kontrol. Berikut komponen dasar dari CT *Scan* [2]:

###### *a. Gantry*

*Gantry* adalah perangkat CT *Scan* yang berbentuk lingkaran sebagai tempat tabung sinar-X, *Data Acquisition System (DAS)*, dan *detector array*. Unit CT *Scan* terbaru juga memuat *continuous slip ring* dan generator di dalam *gantry*. Struktur pada *gantry* mengumpulkan pengukuran atenuasi lalu dikirimkan ke komputer untuk rekonstruksi citra. *Gantry* bisa disudutkan ke depan dan ke belakang hingga 30° untuk menyesuaikan bagian tubuh pasien dan *gantry* berputar mengelilingi objek yang akan dilakukan *scanning*.

b. Meja pemeriksaan

Merupakan tempat pasien yang diposisikan untuk melakukan pemeriksaan CT Scan. Meja pemeriksaan terletak di pertengahan *gantry* dengan posisi horizontal dan dapat digerakkan maju, mundur, naik, dan turun dengan cara menekan tombol pada menu konsol di *gantry* maupun pada ruang operator.

c. Komputer

Komputer digunakan sebagai sistem *imaging*. Komputer dalam CT Scan mempunyai beberapa fungsi dasar yaitu, sebagai kontrol akuisisi data, rekonstruksi data, rekonstruksi gambar, menyimpan data hasil *scan*.

### II.1.2 Prinsip Kerja CT Scan

CT Scan menggunakan penyinaran khusus yang dihubungkan dengan komputer berdaya tinggi yang memproses hasil *scan* untuk memperoleh gambaran penampang lintang dari badan pasien. *Scanner* berputar mengelilingi pasien saat pengambilan sinar *rontgen*. Proses *scanning* tidak menimbulkan rasa sakit. Sebelum dilakukan *scanning*, pasien disarankan tidak makan dan minum selama 4 jam sebelum proses *scanning* [13].

Dengan menggunakan tabung sinar-X sebagai sumber radiasi yang berkas sinarnya dibatasi oleh kollimator, sinar X tersebut menembus tubuh dan diarahkan ke detektor. Intensitas sinar-X yang diterima oleh detektor akan berubah sesuai dengan kepadatan tubuh sebagai objek, dan detektor akan merubah berkas sinar-X yang diterima menjadi arus listrik, dan kemudian diubah oleh integrator menjadi tegangan listrik analog [13].

Tabung sinar-X tersebut diputar dan sinarnya diproyeksikan dalam berbagai posisi, besar tegangan listrik yang diterima diubah menjadi besaran digital oleh *analog to digital Converter* (A/D C) yang kemudian dicatat oleh komputer. Selanjutnya diolah dengan menggunakan *Image Processor* dan akhirnya dibentuk gambar yang ditampilkan ke layar monitor TV. Gambar yang dihasilkan dapat dibuat ke dalam film dengan *Multi Imager* atau *Laser Imager* [14].

Berkas radiasi yang melalui suatu materi akan mengalami pengurangan intensitas secara eksponensial terhadap tebal bahan yang dilaluinya. Pengurangan intensitas yang terjadi disebabkan oleh proses interaksi radiasi-radiasi dalam bentuk

hamburan dan serapan yang probabilitas terjadinya ditentukan oleh jenis bahan dan energi radiasi yang dipancarkan [14].

Dalam *CT Scan*, untuk menghasilkan citra obyek, berkas radiasi yang dihasilkan sumber dilewatkan melalui suatu bidang obyek dari berbagai sudut. Radiasi terusan ini dideteksi oleh detektor untuk kemudian dicatat dan dikumpulkan sebagai data masukan yang kemudian diolah menggunakan komputer untuk menghasilkan citra dengan suatu metode yang disebut sebagai rekonstruksi [15].

## **II.2 Faktor Eksposi**

Faktor eksposi merupakan faktor yang mempengaruhi terhadap eksposi dari energi sinar-X yang meliputi tegangan tabung dengan parameter kilo *voltage* (kV), arus tabung dengan parameter mili *ampere* (mA) dan waktu eksposi dengan parameter *second* (s) [16].

### **II.2.1 Tegangan Tabung (kV)**

Tegangan tabung (kV) merupakan salah satu faktor eksposi yang mempengaruhi resolusi kontras. Tegangan tabung merupakan parameter pembangkit sinar-x untuk menembus objek yang akan diperiksa dan tebal *slice* yang digunakan, sehingga berpengaruh pada intensitas radiasi dan kualitas gambar yang akan didapatkan [11,15].

Pilihan tegangan tabung yang dapat digunakan di pesawat *CT Scan* berkisar antara 80 kV – 140 kV. Namun tegangan tabung yang umum digunakan untuk pemindaian *CT Scan* yaitu 120 kV. Saat ini tegangan tabung yang digunakan cenderung lebih besar agar dapat mengoptimalkan pertukaran antara kualitas gambar dan dosis radiasi untuk pasien [11].

### **II.2.2 Arus Tabung (mA)**

Arus tabung (mA) menentukan kuantitas sinar-X yang dihasilkan. Semakin besar arus yang dihasilkan, semakin besar pula foton sinar-X yang terbentuk. Perubahan nilai arus tabung akan mempengaruhi densitas radiografi dan dosis radiasi yang akan diterima oleh pasien. Pengaruh arus tabung akan menurunkan *noise*, tetapi menaikkan dosis radiasi yang diterima pasien [16].

### II.2.3 Waktu Eksposi (s)

Waktu eksposi (s) merupakan waktu yang diperlukan untuk setiap kali eksposi. Faktor ini biasanya dihubungkan dengan faktor mA. Kombinasi faktor ini dilambangkan dengan mAs (mili *Ampere second*). CT *Scan* mampu melakukan *scanning* tanpa putus sampai dengan 100 s. Sedangkan *scan time per rotation* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk satu putaran tabung sinar-X [16].

### II.3 Slice Thickness

*Slice Thickness* merupakan tebalnya irisan atau potongan dari objek yang diperiksa dalam pemeriksaan CT *Scan*. Penggunaan *slice thickness* yang tebal akan menghasilkan gambaran detail yang rendah, tetapi cenderung akan terjadi artefak. Sebaliknya jika penggunaan *slice thickness* yang tipis akan menghasilkan gambaran dengan detail yang lebih tinggi, tetapi cenderung menghasilkan *noise* [14].

Nilai *slice thickness* pada teknologi *Multi-Slice CT* (MSCT) dapat dipilih antara 0,5 mm - 10 mm sesuai dengan keperluan klinis. Selain memiliki pengaruh terhadap resolusi gambar yang dihasilkan, *slice thickness* juga berpengaruh terhadap dosis yang diberikan. Semakin tipis *slice thickness* maka dosis yang diberikan akan semakin tinggi, sebaliknya jika semakin tebal *slice thickness* maka dosis yang diberikan semakin rendah [16].

### II.4 CT Number

CT *Number* merupakan salah satu parameter dalam penelitian kualitas gambar CT *Scan*. Semakin rendah *index image noise*, maka kualitas gambar yang dihasilkan pada CT *Scan* akan semakin baik. Semakin tinggi *index image noise* maka dapat diartikan bahwa kualitas gambar CT *Scan* akan semakin menurun [13].

*Noise* pada gambaran CT *Scan* dapat diketahui dengan uji *cross field uniformity CT Number*. *Uniformity CT number* dapat diartikan sebagai nilai keseragaman CT *Number* air pada sebuah *image noise*. Nilai ini memiliki satuan HU (*Hounsfield Unit*) [10].

CT *Number* adalah perbandingan relatif antara nilai atenuasi sinar-X suatu voxel jaringan dengan atenuasi air. CT *Number* dirumuskan sebagai berikut []:

$$\text{CT Number} = 1000 \left( \frac{\mu_j - \mu_a}{\mu_a} \right) \quad (2.1)$$

Tabel 2.1 Nilai CT pada jaringan yang berbeda

Jenis jaringan	Nilai CT	Densitas
Tulang	+1000 HU	Putih
Otot	+50 HU	Abu-abu
Materi putih	+45 HU	Abu-abu terang
Materi abu-abu	+40 HU	Abu-abu
Darah	+ 20 HU	Abu-abu
CSF	+15 HU	Abu-abu
Air	0 HU	Abu-abu
Lemak	-100 HU	Abu-abu
Paru-paru	-200 HU	Abu-abu
Udara	-1000 HU	Hitam

## II.5 Noise

*Noise* adalah gambar digital berbentuk acak yang tidak berkorelasi, menyebabkan penurunan kualitas visual gambar [17]. *Noise* mempengaruhi kualitas gambar citra. Semakin tinggi nilai *noise*, maka kualitas citra yang di dapatkan semakin menurun. Kualitas citra yang rendah merupakan suatu hambatan dalam pemberian dosis dan analisa [18].

Perhitungan *noise* menggunakan metode statistik poisson yang digunakan dalam karakterisasi dan kuantisasi *noise* [19]. Distribusi poisson merupakan suatu distribusi untuk peristiwa yang probabilitas kejadiannya kecil, dimana kejadian tergantung pada selang waktu tertentu atau di suatu daerah tertentu dengan hasil pengamatan berupa variabel diskrit dan antar variabel prediktor saling independen [20]. *Noise* secara umum didefinisikan sebagai nilai kuadrat deviasi sinyal  $\sigma^2$  berbanding langsung dengan nilai rata-rata signal ( $\bar{N}$ ), dapat dinyatakan dalam persamaan berikut [19]:

$$(\bar{N}) = \sigma^2 \quad (2.2)$$

Keterangan

$\sigma$  : standar deviasi

$\bar{N}$  : noise (nilai rata-rata sinyal)

Jumlah foton sinar-X yang terdeteksi oleh detektor merupakan hasil atenuasi, dimana atenuasi merupakan reduksi (pelemahan) intensitas radiasi ketika melewati suatu objek hasil dari penyerapan dan hamburan sinar-X. Ketika foton yang ditangkap detektor berjumlah besar maka akan menyebabkan nilai *noise* yang dihasilkan sedikit [21]. Jumlah foton yang terdeteksi oleh detektor dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu teknik pemindaian, efisiensi pemindai dan pasien [22]. Faktor-faktor yang menyebabkan *noise* yaitu faktor eksposi (tegangan tabung, arus tabung dan waktu eksposi), ukuran pixel, *slice thickness* dan artefak.

*Noise* merupakan fluktuasi atau standar deviasi nilai *CT Number* pada jaringan atau materi yang homogen. *Noise level* dapat dinyatakan sebagai berikut [23]:

$$Noise\ level\ (\%) = \frac{\sigma}{CTN\ Max} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan

$\sigma$  : standar deviasi

CTN Max : *CT Number* diwakili oleh tulang, nilai = +1000

Standar deviasi merupakan besaran yang sering digunakan dalam analisis statistik untuk menyatakan jumlah penyebaran, atau variasi, di antara kuantitas. Rumus diatas menggunakan nilai *CT Number* tulang diambil dari nilai maksimum *CT Number* [24]. *Noise* dapat diuraikan dengan standar deviasi ( $\sigma$ ) dari nilai matrik citra (piksel) menggunakan persamaan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.4)$$

Keterangan

$x_i$  = *CT number* masing-masing

$\bar{x}$  = nilai rata-rata dari semua nilai *CT number*

n = jumlah dari nilai *CT number* yang dirata-rata

Analisis keseragaman *noise* citra digunakan untuk mengetahui hasil citra yang dihasilkan dengan menghitung variasi *noise* pada ROI yang berbeda dan mengetahui bahwa hasil analisis *noise* masih dalam batas toleransi yang ditetapkan sebagai uji kesesuaian. Jika *scanning* tidak dilakukan pada parameter 120 kVp, 300 mAs, dan tebal *slice* 8 maka setiap nilai *noise* di keempat tepinya dikonversikan dengan persamaan[24]:

$$S_s = S_m \frac{KV_m}{120} \sqrt{\frac{mAs_m \times slice\ width_m}{300 \times 8}} \quad (2.5)$$

Keterangan

$S_s$  : *noise*

$S_m$  : standar deviasi

$KV_m$  : nilai kV saat melakukan *scan* pada *phantom*

$mAs_m$  : nilai mAs saat melakukan *scan* pada *phantom*

$slice\ width_m$  : *width* saat melakukan *scan* pada *phantom*