

PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN ARUS TABUNG TERHADAP CT NUMBER BESERTA KUALITAS CITRA PADA PESAWAT CT SIMULATOR



NISA AMALIA ANSAR

H021 20 1034



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITASA HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

**PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN ARUS TABUNG TERHADAP CT
NUMBER BESERTA KUALITAS CITRA PADA PESAWAT CT SIMULATOR**

**NISA AMALIA ANSAR
H021 20 1034**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN ARUS TABUNG TERHADAP CT
NUMBER BESERTA KUALITAS CITRA PADA PESAWAT CT SIMULATOR**

NISA AMALIA ANSAR
H021 20 1034

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Fisika

pada

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN ARUS TABUNG TERHADAP CT
NUMBER BESERTA KUALITAS CITRA PADA PESAWAT CT SIMULATOR**

NISA AMALIA ANSAR

H021 20 1034

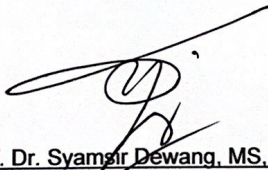
Skripsi,

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Fisika pada 14 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

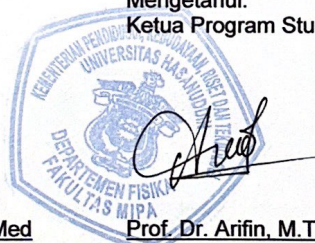
Program Studi Fisika
Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,



Prof. Dr. Syamsir Dewang, MS, F.Med
NIP. 19630111 199002 1 001

Mengetahui:
Ketua Program Studi,



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

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Pengaruh Variasi Tegangan dan Arus Tabung Terhadap Nilai CT Number Beserta Kualitas Citra Pada Pesawat CT Simulator" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Prof. Dr. Syamsir Dewang, Ms, F.Med. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 14 Agustus 2024



Nisa Amalia Ansar
H021 20 1034

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* karena berkat rahmat-Nya dan hidayah-Nya sehingga penelitian ini dan skripsi ini dapat penulis rampungkan. Shalawat serta salam semoga dilimpahkan kepada baginda Rasulullah *shallallahu alaihi wasallam* beserta keluarga beliau dan sahabat hingga akhir zaman. Penulisan skripsi yang berjudul "**Pengaruh Variasi Tegangan dan Arus Tabung Terhadap Nilai CT Number Beserta Kualitas Citra Pada Pesawat CT Simulator**" merupakan upaya penulis memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Selain itu, skripsi ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan peneliti lain untuk menambah wawasan dalam bidang biologi khususnya mikrobiologi.

Proses penyelesaian skripsi ini merupakan suatu rangkaian perjuangan yang cukup panjang bagi penulis. Selama proses penelitian maupun penyusunan skripsi ini, tidak sedikit hambatan maupun kendala yang penulis hadapi. Do'a dan dukungan dari berbagai pihak merupakan hal yang berarti, sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis. Oleh karena itu, dengan tulus dan ikhlas, penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya. Teristimewa untuk kedua orang tuaku tercinta ayahanda **H. Andi Ansar** dan Ibunda **Hj. Nirmala** yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis baik moril maupun materil, lantunan do'a, nasehat dan motivasi yang diberikan oleh penulis selama menempuh Pendidikan dari tingkat dasar hingga pada tingkat perguruan tinggi.

Penulis menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan banyak terima kasih kepada Bapak **Prof. Dr. Syamsir Dewang, MS, F.Med** selaku pembimbing utama atas kesediannya yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan motivasi kepada Penulis, mulai dari awal penyusunan sampai penyelesaian skripsi ini. Pada kesempatan ini pula, dengan segala kerendahan hati Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Si.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta jajarannya.
2. Bapak **Dr. Eng Amiruddin, M.Sc.**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf yang telah membantu penulis dalam hal akademik dan administrasi.
3. Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T** selaku Ketua Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu, masukan, saran dan dukungannya.
4. Bapak **Bannu, S.Si, M.Si** selaku Penasehat Akademik (PA) yang senantiasa memberikan arahan, dukungan dan bimbingan dari awal masa studi hingga penyusunan skripsi ini.
5. Ibu **Dr. Sri Dewi Astuty, S.Si, M.Si** dan **Prof. Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc** selaku dosen penguji, terima kasih atas segala arahan dan saran yang diberikan kepada Penulis demi kesempurnaan skripsi ini.

6. Bapak/Ibu **Dosen** Departemen yang telah membimbing dan memberikan ilmunya kepada Penulis, baik pada waktu perkuliahan maupun pada saat penelitian dan penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staff** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terkhusus kepada **Pegawai dan Staff Departemen Fisika** yang telah membantu dalam pengurusan administrasi perkuliahan.
8. Kak **Satrial Male, S.Si, M.Si** dan Kak **Saleha, S.Si** selaku Fisikawan Medik dan **Staff Instalasi Radioterapi** di RS Tk.II Pelamonia Makassar, terima kasih atas bimbingan, saran dan ilmunya selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
9. **Sitti Fathul Jannah** selaku partner penelitian dan teman perjuangan semasa kuliah, yang selalu menemani dan memotivasi mulai dari awal masa studi hingga sekarang.
10. Sahabat-sahabat Penulis, terima kasih atas dukungan, bantuan, do'a dan kebersamaanya selama proses perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini, terkhusus kepada **Dinah Nurhaliyah** dan **Khusnul Khotimah Hamzah**.
11. **Teman-Teman Fisika 2020**, yang telah menemani penulis selama masa perkuliahan sampai penyelesaian tugas akhir dan **Teman-Teman Optik 2020** yang memotivasi dan menemani sampai penulis selama berada di Lab Optik, Spektroskopi, dan Fisika Medik. Terkhusus kepada Yusria, Sulis, Nanda, Ainun, Nindy, Rifaldi, Aan, Tiara, Astrid, Andrianus, Andani, Mutaharah, Fatma, Eunike.
12. **Teman-Teman HIMAFI 2020**, yang telah menjadi keluarga dalam berproses dari maba hingga saat ini, terima kasih atas dukungan dan suka duka yang telah dilewati bersama.
13. Ica, Naya, Mita, MJ, Aldi, Ince, Aim, Ghazwul, Hazyim sebagai teman-teman **KKN BOBA**, terima kasih atas dukungan, bantuan dan kebersamaannya.
14. **BTS, TXT, Seventeen, dan Running Man** yang telah menjadi penghibur selama masa perkuliahan sampai penyelesaian tugas akhir.
15. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga segala kebaikan yang diberikan dari berbagai pihak kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dapat bernilai ibadah di sisi Allah *Subhanahu wa Ta'ala*. Akhir kata, penulis memohon maaf atas kesalahan yang disengaja maupun tidak disengaja dalam rangkaian penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Makassar, 14 Agustus 2024



Nisa Amalia Ansar

ABSTRAK

Latar Belakang: CT simulator merupakan salah satu bagian dari pengobatan radioterapi yang dapat menentukan lokasi targer dan perencanaan dosis pada citra. Faktor eksposi seperti tegangan dan arus tabung merupakan bagian penting pada hasil citra yang diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil variasi faktor eksposi terhadap CT *number* (CTN) dan kualitas citra (resolusi spasial, *uniformity*, SNR, dan CNR). **Metode:** Penelitian ini menggunakan fantom *Catphan*@604 dengan pengambilan citra secara *helical* pada CT simulator untuk memperoleh sebuah citra. Variasi tegangan yang digunakan adalah 80, 100, 120, dan 135 kV. Selanjutnya, variasi arus sebesar 50, 100, 150, dan 200 masing-masing terhadap nilai maksimal dan minimal. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tegangan terhadap CTN nilainya cenderung menurun dan pada kualitas citra cenderung meningkat. Sedangkan, variasi arus terhadap CTN tidak terjadi perubahan yang signifikan dan pada kualitas citra nilai yang didapatkan cenderung meningkat. Nilai yang optimal dari hasil CTN dan kualitas citra berada pada 100 kV dan 200 mA. **Simpulan:** Faktor eksposi tegangan sangatlah berpengaruh terhadap perubahan CTN dan kualitas citra. Sedangkan, arus tabung tidak signifikan pengaruhnya terhadap CTN. Jika tegangan dan arus yang diberikan semakin meningkat maka citranya semakin membaik, namun *noise* yang diperoleh juga semakin besar.

Kata Kunci: CT simulator, CT number, SNR, CNR, kualitas citra.

ABSTRACT

Background: The CT simulator is an integral part of radiotherapy treatment that can determine the target location and dose planning in images. Exposure factors such as tube voltage and current are important components that affect the resulting images. This study compares the effects of varying exposure factors on CT numbers (CTN) and image quality (spatial resolution, uniformity, SNR, and CNR). **Methods:** This study used a Catphan®604 phantom with helical image acquisition on a CT simulator to obtain images. The voltage variations were 80, 100, 120, and 135 kV. Additionally, current variations of 50, 100, 150, and 200 mA were applied at both their maximum and minimum values. **Results:** The study results indicate that variations in voltage tend to decrease CTN values and improve image quality. Conversely, variations in current do not result in significant changes in CTN values but tend to enhance the quality of the image. The optimal values for CTN and image quality were found at 100 kV and 200 mA. **Conclusions:** The exposure factor of voltage significantly affects changes in CTN and image quality. Conversely, tube current does not have a significant impact on CTN. As the voltage and current increase, the image quality improves, but the resulting noise also becomes greater.

Keyword: CT Simulator, CT Number, SNR, CNR, image quality.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
BAB II MATODOLOGI PENELITIAN	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan.....	3
2.2.1 Alat.....	3
2.2.2 Bahan	3
2.3 Metode Penelitian	3
2.3.1 Pemindaian Terhadap CT Simulator Menggunakan <i>Phantom Catphan</i> [®] 604 .	3
2.3.2 Pembacaan Citra Pada Perangkat yang Tersedia	3
2.3.3 Analisis Nilai CTN.....	4
2.3.4 Analisis Kualitas Citra	4
2.3.4.1 Resolusi Spasial	4
2.3.4.2 <i>Uniformity</i>	5
2.3.4.3 <i>Signal to Noise Ratio (SNR)</i>	5
2.3.4.4 <i>Contrast to Noise Ratio (CNR)</i>	5
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	6
3.1. Analisis Data CT <i>Number</i>	6
3.1.1 Data CT <i>Number</i> dengan Variasi Tegangan Tabung.....	7
3.1.2 Data CT <i>Number</i> dengan Variasi Arus Tabung.....	9
3.2 Analisis Data Kualitas Citra	12
3.2.1 Resolusi Spasial	12
3.2.2 <i>Uniformity</i>	15
3.2.3 <i>Signal to Noise Ratio (SNR)</i>	17
3.2.4 <i>Contrast to Noise Ratio (CNR)</i>	20

BAB IV PENUTUP	24
4.1 Kesimpulan	24
4.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	27

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Nilai CT Number dari Material Phantom Catphan®604	4
2.	Data CTN Terhadap Arus Tabung Konstan Sebesar 50 mA	7
3.	Data CTN Terhadap Arus Tabung Konstan Sebesar 200 mA	8
4.	Data CTN Terhadap Tegangan Tabung Konstan Sebesar 80 kV	10
5.	Data CTN Terhadap Tegangan Tabung Konstan Sebesar 135 kV	11
6.	Nilai MTF dengan Variasi Tegangan Tabung	12
7.	Nilai MTF dengan Variasi Arus Tabung	14
8.	Uniformity dengan Variasi Tegangan Tabung.....	15
9.	Uniformity dengan Variasi Arus Tabung	16
10.	Nilai SNR dengan Variasi Tegangan Tabung	18
11.	Nilai SNR dengan Variasi Arus Tabung	19
12.	Nilai SNR dari Material Phantom Catphan®604	20
13.	Nilai CNR dengan Variasi Tegangan Tabung	21
14.	Nilai CNR dengan Variasi Arus Tabung.....	22
15.	Nilai CNR dari Material Phantom Catphan®604	23

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Penentuan ROI terhadap sebuah citra	4
2. Penempatan ROI untuk menentukan nilai resolusi spasial menggunakan aplikasi IndoQCT	5
3. Material Phantom Catphan®604.....	6
4. Hubungan Variasi Tegangan Tabung dengan Arus Tabung Minimal 50 mA Terhadap CTN Pada Setiap Material Phantom Catphan®604	8
5. Hubungan Variasi Tegangan Tabung dengan Arus Tabung Maksimal 200 mA Terhadap CTN Pada Setiap Material Phantom Catphan®604	9
6. Hubungan Variasi Arus Tabung dengan Tegangan Tabung Minimal Sebesar 80 kV Terhadap CT Number Pada Setiap Material Phantom Catphan®604	10
7. Hubungan Variasi Arus Tabung dengan Tegangan Tabung Maksimal Sebesar 135 kV Terhadap CT Number Pada Setiap Material Phantom Catphan®604	11
8. Grafik MTF Terhadap Arus Konstan Pada Tegangan (a) 120 kV dan (b) 135 kV	13
9. Grafik Nilai MTF dengan Variasi Tegangan Tabung dengan Arus Tabung Konstan Sebesar 50 mA dan 200 mA.....	13
10. Grafik MTF Terhadap Tegangan Konstan 80 kV dan 135 kV	14
11. Grafik MTF dengan Variasi Arus Tabung dengan Tegangan Tabung Konstan Sebesar 80 kV dan 135 kV	15
12. Grafik Uniformity dengan Variasi Tegangan Tabung Terhadap Arus Tabung Sebesar 50 mA dan 200 mA.....	16
13. Grafik Uniformity dengan Variasi Arus Tabung Terhadap Tegangan Tabung Sebesar 80 kV dan 135 kV	17
14. Grafik Nilai SNR dengan Variasi Tegangan Tabung Terhadap Arus Tabung Sebesar 50 mA dan 200 mA.....	18
15. Grafik Nilai SNR dengan Variasi Arus Tabung Terhadap Tegangan Tabung Sebesar 80 kV dan 135 kV	19
16. Grafik Nilai CNR dengan Variasi Tegangan Tabung Terhadap Arus Tabung Sebesar 50 mA dan 200 mA.....	21
17. Grafik Nilai CNR dengan Variasi Arus Tabung Terhadap Tegangan Tabung Sebesar 80kV dan 135 kV	22

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Bagan Alir Penelitian	27
2. Hasil Data CTN Pada Setiap Material	28
3. Penempatan ROI Pada Setiap Citra untuk Hasil CTN Pada Setiap Material	34
4. Hasil Data Resolusi Spasial	37
5. Hasil Citra dan Penempatan ROI Pada Resolusi Spasial	38
6. Hasil Grafik MTF Pada Variasi Tegangan dan Arus Tabung.....	40
7. Hasil Data Uniformity.....	43
8. Hasil Citra dan Penempatan ROI Pada Uniformity.....	44
9. Hasil Data SNR dan CNR	46
10. Hasil Data SNR dan CNR Pada Material-Material Phantom	47
11. Hasil Citra dan Penempatan ROI Pada SNR dan CNR.....	48
12. Hasil Citra dan Penempatan ROI Pada Kesembilan Material Phantom	50
13. Dokumentasi Penelitian.....	51

DAFTAR SINGKATAN

IARC	: <i>International Agency for Research on Cancer</i>
CT	: <i>Computed Tomography</i>
OAR	: <i>Organs at Risk</i>
CTN	: <i>Computed Tomography Number</i>
HU	: <i>Hounsfield Unit</i>
FOV	: <i>Field of View</i>
RED-CT	: <i>Relative Electron Density-Computed Tomography</i>
kV	: <i>Kilovolt</i>
mA	: <i>Milliampere</i>
SNR	: <i>Signal to Noise Ratio</i>
CNR	: <i>Contrast to Noise Ratio</i>
CD	: <i>Compact Disk</i>
ROI	: <i>Region of Interest</i>
PMP	: <i>Polymethyl Pentene</i>
LDPE	: <i>Low Density Polyethylene</i>
MTF	: <i>Modulation Transfer Function</i>
IAEA	: <i>International Atomic Energy Agency</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker masih menjadi salah satu tantangan terbesar terhadap kesehatan manusia. Sekitar 10 juta kematian di seluruh dunia pada tahun 2020 disebabkan oleh kanker, sehingga diperkirakan pada tahun 2030 angka kematian akan mencapai 13 juta menurut *International Agency for Research on Cancer (IARC)* (Gong et al., 2021). Cara untuk mengurangi kematian akibat penyakit kanker, beberapa tahun ini banyak strategi yang dikembangkan untuk meningkatkan terapi kanker, salah satunya adalah radioterapi. Radioterapi adalah penggunaan radiasi pengion, seperti sinar-X, sinar beta, atau sinar gamma, yang terlokalisasi merusak sel-sel kanker. Radiasi ini menghasilkan kerusakan pada DNA sel yang terkena, mengakibatkan kematian sel ketika mereka mencoba untuk berkembang. Radioterapi terbukti sangat efektif dalam membunuh sel-sel tumor yang berkembang cepat, lebih efisien daripada sel-sel yang berkembang lambat atau sel-sel normal (Thomson et al., 2010). Dalam perencanaan pengobatan pada radioterapi menggunakan *Computed Tomography (CT)*, tumpukan dari gambar CT ini menjadi peran ganda dalam perencanaannya, serta memberikan informasi anatomi untuk menggambarkan target dan organ yang berisiko. Sehingga agar memenuhi peran tersebut, parameter perlu dioptimalkan dan digunakan secara konsisten. Dalam hal ini, gambar dari CT berkualitas tinggi sangat penting untuk penggambaran yang akurat dan perencanaan pada perawatan radioterapi (Tinjak et al., 2022).

Simulasi CT dalam radioterapi memiliki kapasitas untuk menentukan posisi dan cakupan penyakit dengan tingkat akurasi yang maksimal, sering kali hanya memerlukan satu kali pemindaian. Posisi selama CT-Scan mencerminkan posisi selama proses pengobatan radiasi, menegaskan pentingnya akurasi dan reproduksibilitas posisi tersebut. Kontur volume target dan jaringan normal yang tepat, yang dikenal sebagai *Organs at Risk (OAR)*, adalah komponen tambahan dari simulasi CT. OAR membantu menghasilkan pengobatan radioterapi yang lebih tepat dan akurat. Sehingga, perlu penyediaan kualitas citra yang baik dan alat yang digunakan adalah CT Simulator (Zalokar et al., 2020). Pada alat ini memungkinkan terdapat beberapa irisan *cross-sectional* CT yang dimasukkan ke dalam proses perencanaan pengobatan radioterapi (Khandpur, 2014).

Hasil citra yang diperoleh dihasilkan paparan sinar-X yang berasal dari tabung X-Ray yang diputar dan disalurkan ke seluruh tubuh. Sinar X-Ray berinteraksi dengan kepadatan jaringan yang melalui interaksi hamburan *Compton* dan fotolistrik. Menggunakan energi foton dapat diperkirakan kepadatan elektron yang berasal dari foton terbesar secara tunggal pada volume pengukuran jaringan yang membentuk gambar penampang melintang di sepanjang tubuh manusia. Pada gambarnya terdapat piksel yang mempresentasikan nilai atenuasi linier dari berkas sinar-X yang berinteraksi dengan kepadatan jaringan yang berbeda, nilai ini disebut dengan *CT Number (CTN)* atau *Hounsfield Unit (HU)* (Affi et al., 2020). Nilai *CT Number* ini dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu tegangan tabung sinar-X, arus tabung (mA), bidang pandang (FOV), dan algoritma rekonstruksi gambar (Chand et al., 2022).

Penelitian sebelumnya terdapat beberapa parameter seperti tegangan dan arus tabung sangat penting dalam kurva bilangan RED-CT. Adanya peningkatan pada tegangan tabung akan membuat kurvanya meningkat pula pada jaringan ekuivalen yang memiliki kepadatan lebih dari kepadatan air. Sedangkan, pengaruhnya pada arus tabung berbanding terbalik dengan tegangan dan nilai arus tabung akan menurun (Afifi et al., 2020).

Penentuan kualitas citra, pada penelitian terdahulu menjelaskan bahwa terdapat beberapa parameter seperti *noise* pencitraan, keseragaman gambar, spasial resolusi, kontras rendah, dan rasio kontras terhadap kebisingan. Penelitian ini untuk membandingkan kualitas gambar dari tiga alat CT Simulator yang berbeda dengan ukuran lubang yang berbeda. Nilai dari semua parameternya sama diberikan, kecuali penyesuaian paparan agar dosis yang terukur akan sama. Namun, dari hasil yang diperoleh bahwa nilai ketiga CT Simulator tersebut hampir saling mendekati satu sama lain. Hal penting yang perlu diingat juga bahwa ukuran lubang pemindaian merupakan bagian penting dalam berbagai aplikasi klinis pada radioterapi (Tomic et al., 2018).

Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi parameter seperti tegangan dan arus tabung terhadap CTN serta kualitas citranya pada pesawat CT Simulator dengan menggunakan *Phantom Catphan®604*.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis hasil dari pengaruh variasi tegangan tabung (kV) dan arus tabung (mA) terhadap nilai CT *Number* (CTN) pada CT Simulator.
2. Menganalisis kualitas citra yang dihasilkan pada penyinaran CT Simulator berdasarkan nilai dari *uniformity*, resolusi spasial, *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR).

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat membantu dalam menentukan pengaturan yang optimal dari tegangan dan arus tabung terhadap hasil CT *number* dan kualitas citra yang akurat. Hal ini agar bisa membantu para klinis untuk mendeteksi dan mendiagnosis hasil citra dengan efektif dan akurat.

BAB II MATODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 19 Februari – 1 Maret 2024 bertempat di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Tk.II Pelamonia Makassar, Sulawesi Selatan.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

1. CT Simulator
2. Aplikasi IndoQCT
3. Aplikasi *Radiant* DICOM

2.2.2 Bahan

1. *Phantom Catphan*®604

2.3 Metode Penelitian

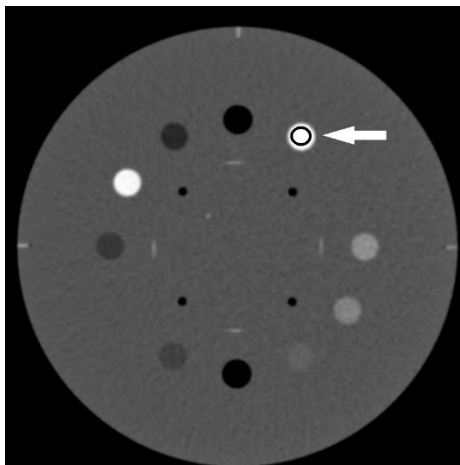
2.3.1 Pemindaian Terhadap CT Simulator Menggunakan *Phantom Catphan*®604

Mengevaluasi performa pada pesawat CT Simulator bisa dilakukan dengan cara memvariasikan tegangan dan arus tabung sehingga dapat menganalisis pengaruh perubahan terhadap nilai CT *Number* dan kualitas citra. Nilai tegangan yang divariasikan adalah 80, 100, 120, dan 135 kV dengan ketetapan arus adalah 50 mA dan 200 mA. Sedangkan, untuk nilai variasi arusnya adalah 50, 100, 150, dan 200 mA dengan tegangan tetap adalah 80 kV dan 135 kV. Hal ini diambil dari nilai pada alat yang digunakan. Pada parameter lainnya, seperti *slice thickness* diberikan sebesar 3 mm.

Sebelum melakukan pencitraan, terlebih dahulu dilakukan *warming up* atau pemanasan pada pesawat CT Simulator. Setelah itu, phantom diletakkan pada meja pemeriksaan tepatnya pada pertengahan *gantry*, dengan panduan sinar laser (*alignment system*). Atur sinar aksial dan sinar koronal pada kedua sisi phantom, serta diatur pula sinar digital yang berada tepat di atas phantom. Kemudian, dilakukan *scanning* dengan mengatur nilai mA, kV, dan *slice thickness*-nya.

2.3.2 Pembacaan Citra Pada Perangkat yang Tersedia

Hasil citra yang telah dilakukan pemindaian dapat dilihat pada perangkat TPS. Selain itu, hasil citra akan dimasukkan ke dalam *Compact Disk* (CD) untuk dipindahkan ke dalam aplikasi *Radiant* DICOM. Setelah itu, dilakukan penentuan *Region of Interest* (ROI) dengan kisaran areanya sebesar 1 cm². Pada ROI terdapat nilai HU dari segala hasil citra yang didapatkan. Berikut merupakan contoh penempatan ROI terhadap sebuah citra untuk menghasilkan nilai CTN pada setiap material:



Gambar 1. Penentuan ROI terhadap sebuah citra

2.3.3 Analisis Nilai CTN

Nilai HU yang diperoleh dari ROI akan diolah sesuai dengan hasil variasi tegangan dan arus tabung yang telah ditentukan, seperti pada Gambar 1. nilai CTN bisa dilihat pada bagian 'Mean'. Nilai CTN diambil dari tiga irisan dan dirata-ratakan, sehingga hasil rata-ratanya yang diolah. Berdasarkan teori, tegangan tabung sangat berpengaruh terhadap CTN dibanding nilai arus tabung. Dari hasil yang diperoleh, maka akan dibandingkan berdasarkan material yang berada di dalam *phantom*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. sebagai berikut:

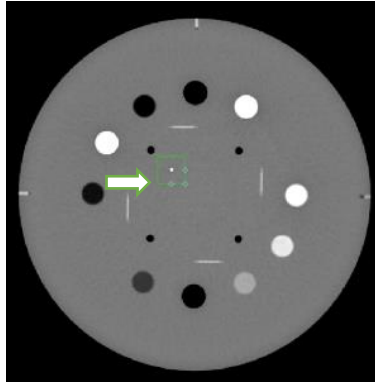
Tabel 1. Nilai CT Number dari Material Phantom Catphan®604

Material	CT Number
Air	-1046 s/d -986
Polymethyl Pentene (PMP)	-220 s/d -172
Low Density Polyethylene (LDPE)	-121 s/d -87
Polystyrene	-65 s/d -29
Acrylic	92 s/d 137
Bone 20%	211 s/d 263
Delrin®	344 s/d 367
Bone 50%	667 s/d 783
Teflon®	941 s/d 1060

2.3.4 Analisis Kualitas Citra

2.3.4.1 Resolusi Spasial

Menentukan nilai dari resolusi spasial, kita akan menggunakan aplikasi IndoQCT. Resolusi spasial berfungsi untuk mengevaluasi batas frekuensi spasial pada kontras yang tinggi, perhitungan yang akan digunakan adalah *Modulation Transfer Function* (MTF) (Fatimah Azhara et al., 2023).



Gambar 2. Penempatan ROI untuk menentukan nilai resolusi spasial menggunakan aplikasi IndoQCT

2.3.4.2 Uniformity

Lima wilayah yang ditandai dengan ROI dengan masing-masing ukuran areanya adalah kisaran 3 cm² yang ditempatkan pada daerah sekeliling phantom dan juga di pusat phantom. Menilai pengaruh dari *capping*, indeks *uniformity* dapat ditentukan secara maksimal dengan perbedaan antara nilai rata-rata HU pada *peripheral* ROI dan *center* ROI dengan menggunakan persamaan berikut (Tomic et al., 2018):

$$UI = 100 \times \frac{HU_{periphery} - HU_{center}}{HU_{center} + 1000} \quad (2)$$

2.3.4.3 Signal to Noise Ratio (SNR)

Noise merupakan standar deviasi dari HU yang dihitung dalam ROI. Nilai standar deviasinya diambil dari ROI_{background} dan nilai HU pada lima wilayah yang ditandai dengan ukuran 2 cm² dalam phantom. Sehingga, nilai SNR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Tomic et al., 2018):

$$SNR = \frac{HU_{sample}}{\sigma_{background}} \quad (3)$$

Dimana, SNR merupakan perbandingan nilai HU terhadap *noise* yang dihasilkan.

2.3.4.4 Contrast to Noise Ratio (CNR)

Perhitungan CNR diukur dengan menempatkan ROI dengan ukuran 2 cm² pada permukaan lubang dan daerah bagian luar lubang. Kemudian, nilai HU dan standar deviasinya berasal dari ROI yang telah ditentukan, sehingga nilai CNR dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (Tomic et al., 2018):

$$CNR = \frac{HU_{sample} - HU_{bckg}}{\sigma} \quad (4)$$

Dimana, HU_{sample} adalah nilai HU di dalam lubang dan HU_{bckg} adalah nilai HU di luar lingkaran.