

SKRIPSI

**VERIFIKASI PERHITUNGAN DISTRIBUSI DOSIS *TREATMENT*
PLANNING SYSTEM MENGGUNAKAN VARIASI
KALIBRASI *CT NUMBER***

*Verification of Dose Distribution Calculation Treatment Planning System
Using Variation the CT Number Calibration*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh

Resti Nuriah
NIM. 183112600150020

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
Jakarta
2022**

**VERIFIKASI PERHITUNGAN DISTRIBUSI DOSIS
TREATMENT PLANNING SYSTEM MENGGUNAKAN VARIASI
KALIBRASI CT NUMBER**

*Verification of Dose Distribution Calculation Treatment Planning System
Using Variation the CT Number Calibration*



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Sains** pada
Program Studi Fisika

oleh

Resti Nuriah
NIM. 183112600150020

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
Jakarta
2022**

**PERNYATAAN
BEBAS PRAKTIK PLAGIARISME**

Dengan ini saya nyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi dan seluruh isinya berjudul:

“Verifikasi Perhitungan Distribusi Dosis *Treatment Planning System*

Menggunakan Variasi Kalibrasi *CT Number* “

Adalah benar karya saya sendiri yang ditulis dibawah arahan dan bimbingan dosen pembimbing. Sepanjang pengetahuan saya, di dalamnya tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika penulisan karya ilmiah yang berlaku dari karya ilmiah sejenis yang pernah ditulis atau diajukan oleh penulis lain untuk memperoleh gelar kesarjanaan di lembaga pendidikan lain, kecuali semua kutipan dan rujukan dalam karya ini baik yang terpublikasikan maupun tidak, telah dengan jelas saya sebutkan dalam daftar pustaka.

Jika dalam karya tulis ini nantinya masih ditemukan adanya unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya dan diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sejujur-jujurnya.

Jakarta, 25 Agustus 2022
Yang menyatakan



Resti Nuriah
NIM. 183112600150020

**PERNYATAAN
PELIMPAHAN HAK PUBLIKASI SKRIPSI**

Untuk kepentingan penyebaran dan kemajuan ilmu pengetahuan, maka dengan ini saya menyatakan bersedia dan menyetujui untuk melimpahkan hak cipta atas karya tulis saya beserta perangkat prototipenya, yang berjudul:

**“Verifikasi Perhitungan Distribusi Dosis *Treatment Planning System*
Menggunakan Variasi Kalibrasi *CT Number*”**

Kepada Program Studi Fisika Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional untuk menyimpan, mengalihmediakan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), dan merawat, serta memublikasikan skripsi saya sepanjang tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan tanpa tekanan dari pihak manapun.



Jakarta, 25 Agustus 2022
Yang menyatakan



Resti Nuriah
NIM. 183112600150020

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

VERIFIKASI PERHITUNGAN DISTRIBUSI DOSIS *TREATMENT PLANNING SYSTEM* MENGGUNAKAN VARIASI KALIBRASI *CT NUMBER*

Ditulis dan dipersiapkan oleh:

Resti Nuriah
NIM. 183112600150020

Disetujui untuk diajukan pada sidang skripsi Program Studi Fisika
27 Agustus 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I


Drs. Muzilman Muslim, M.Si.
NID. 0302106001

Pembimbing II


Dr. rer. Biol. Hum. Heru Prasetyo
NIP. 197703152000121001

Mengetahui
Ketua Program Studi Fisika


Drs. Ari Mutanto, M.Pd
NIDN. 0330076702

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**VERIFIKASI PERHITUNGAN DISTRIBUSI DOSIS *TREATMENT*
PLANNING SYSTEM MENGGUNAKAN VARIASI KALIBRASI *CT*
NUMBER**

Ditulis oleh:

Resti Nuriah
NIM. 183112600150020

Telah dipertahankan didepan dan diuji oleh dewan penguji skripsi, dan dinyatakan:


L U L U S

Jakarta, 27 Agustus 2022

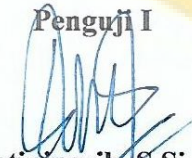
**Ketua Dewan Penguji /
Pembimbing I**


Drs. Muzilman Muslim, M.Si.
NIDN. 0302106001

Pembimbing II


Dr. rer. Biol. Hum. Heru Prasetyo
NIP. 197703152000121001

Penguji I


Purwantiningsih, S.Si., M.Sc.
NIDN. 0613078501

Penguji II


Prof. Dr. H. Budi Santoso, M.Sc.
NIDN. 8895550017

Penguji III


Dr. Susilo Widodo
NIP. 195804141980031005

ABSTRAK

Nuriah, Resti. 2022. Verifikasi Perhitungan Dosis *Treatment Planning System* Menggunakan Variasi Kalibrasi *CT Number*. Pembimbing: Drs. Muzilman Muslim, M.Si dan Dr. rer. Biol. Hum. Heru Prasetyo.

Hal terpenting dalam perencanaan radioterapi adalah memperkirakan dosis yang akan diterima oleh pasien. *CT Number* adalah salah satu parameter pada TPS yang dapat memperkirakan besarnya dosis yang diterima pasien. Pada perencanaan radioterapi nilai *CT Number* yang digunakan harus diuji kesesuaiannya. Untuk menentukan dosis penyinaran yang akurat antara dosis yang direncanakan pada TPS dan dosis yang diterima langsung oleh pasien, maka harus dilakukan verifikasi dosis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai dosis antara perhitungan TPS terhadap variasi nilai kalibrasi *CT Number* dan dosis pada modalitas LINAC. Pengukuran dilakukan menggunakan *Phantom CIRS 062MA* dengan detektor *Farmer Chamber* tipe *65G/IC70 Farmer*. Perencanaan pada TPS dilakukan berdasarkan nilai kalibrasi *CT Number* pada phantom dan nilai *CT Number* rumah sakit. Ekspos dilakukan pada 4 arah yaitu AP, AP:PA, RL:LL, dan BOX. Didapatkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara dosis yang diperoleh dengan menggunakan kalibrasi *CT Number* Phantom CIRS dan kalibrasi *CT Number* rumah sakit. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh pada perhitungan nilai dosis yang dihitung menggunakan nilai kalibrasi *CT Number* yang digunakan, dalam hal ini juga nilai kalibrasi *CT Number* yang digunakan relatif lebih baik, karena memiliki perbedaan nilai dosis yang kecil. Nilai deviasi antara dosis yang direncanakan pada TPS menggunakan variasi nilai *CT Number* dan pengukuran tidak lebih dari 5%.

Kata Kunci: *CT Number*, detektor Farmer Chamber, LINAC, phantom CIRS 062MA, verifikasi dosis

ABSTRACT

Nuriah, Resti. 2022. *Verification of Dose Distribution Calculation Treatment Planning System Using Variation the CT Number Calibration.* Supervisor: Drs. Muzilman Muslim, M.Si and Dr. rer. Biol. Hum. Heru Prasetyo.

The most important thing in planning radiotherapy is to estimate the dose that will be received by the patient. *CT Number* is one of the parameters in TPS that can estimate the amount of dose received by the patient. In planning radiotherapy, the *CT Number* value used must be tested for correctness. To determine the accurate irradiation dose between the planned dose at the TPS and the dose received directly by the patient, it is necessary to verify the dose. This study aims to determine the difference in the dose value between the TPS calculation and the variation in the calibration *CT Number* and dose values in the LINAC modality. Measurements have been carried out using a phantom CIRS 062MA with a Farmer Chamber detector type 65G/IC70 Farmer. Planning for TPS is done based on the *CT Number* value in phantom and the hospital *CT Number* value. Planning has been carried out in 4 directions of irradiation, namely AP, AP: PA, RL: LL, and BOX. Exposure to planning is carried out in 4 directions, namely AP, AP: PA, RL: LL, and BOX. It was found that there was no significant difference between the doses obtained using the calibration CT Number Phantom CIRS 062MA and the calibration CT Number hospital. This shows that there is no effect on the calculation dose value calculated using the calibration CT Number value used, in this case the calibration CT Number value used is relatively better because it had a small difference in the dose value. The deviation value between the planned doses at the TPS using a variation of the *CT Number* and measurement values is not more than 5%.

Keywords: *CT Number*, Dose Verification, Farmer Chamber detector, LINAC, Phantom CIRS 062MA,

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala karunia dan rahmatNya, karya tulis skripsi ini dapat penulis selesaikan. Skripsi berjudul Verifikasi Perhitungan Distribusi Dosis *Treatment Planning System* Menggunakan Variasi Kalibrasi *CT Number* ini penulis siapkan untuk memenuhi salah satu syarat meraih gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional. Penulis menyadari bahwa tanpa pengetahuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini sulit terselesaikan dengan baik. Maka pada kesempatan ini izinkan penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Drs. Muzilman Muslim, M.Si. selaku dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. rer. Biol. Hum. Heru Prasetyo selaku dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaganya, dan pikirannya untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Muhamad Fadli selaku pembimbing lapangan dari instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu yang telah memungkinkan penulis mendapatkan data penelitian.
3. Untuk kedua orang tua penulis, Bapak Paridi dan Almh. Ibu Nurlizar atas segala pengorbanan, kasih sayang dan doa tulusnya untuk penulis, tidak pernah henti memberikan dukungan moral dan material sehingga penulisan skripsi ini dapat penulis tuntaskan. Keluarga besar penulis, terutama kedua kakakku Reni Andari dan Erin Destiyau, terimakasih atas dukungannya
4. Bapak Drs. Ari Mutanto, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Fisika dan semua staf dosen Program Studi Fisika atas jasa-jasanya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan lancar.
5. Direksi dan staf Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Umum Daerah Pasar Minggu yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan pengambilan data penelitian di Instalasi Radioterapi.
6. Seluruh karyawan dan staf administrasi Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional yang telah memberikan bantuan serta dukungannya kepada penulis baik selama perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.

7. Semua sahabat seperjuangan (Adni, Dyah, Hulfi, Fadhia dan terkhusus Reza) yang telah banyak menemani hari-hari penulis dari awal perkuliahan sampai saat ini serta memberikan semangat bagi penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan sesuai waktunya.
8. Teman-teman Asisten Laboratorium Komputer Universitas Nasional (Kak Bella, Thasya, Kartika, Dwi, Esthi, Gigan dan Ismail) yang telah banyak memberikan semangat bagi penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan sesuai waktunya.
9. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Fisika yang telah memberikan semangat bagi penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan sesuai waktunya.
10. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.
11. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for all doing this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for just being me at all times.*

Semoga Tuhan Yang Maha Esa akan membalas segala jasa dan doa bagi mereka. Harapan penulis, karya ilmiah dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 25 Agustus 2022

Penulis



Resti Nuriah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan Teori	4
2.1.1 Radioterapi	4
2.1.2 <i>Linear Accelerator</i> (LINAC)	4
2.1.3 <i>Phantom</i>	5
2.1.4 <i>CT Number</i>	6
2.1.5 Dosis Serap	6
2.1.6 Kalibrasi Keluaran LINAC	8
2.1.7 Verifikasi <i>Treatment Planning System</i>	8
2.1.8 Evaluasi Gamma	9
2.2 Tinjauan Penelitian	10

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Desain Penelitian	12
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	12
3.4 Metode Penelitian	18
3.5 Langkah Kerja Penelitian.....	19
BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Analisis Hasil.....	23
4.2 Pembahasan	37
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Ilustrasi pesawat Linear Accelerator.....	5
Gambar 2 CT Simulator.....	13
Gambar 3 Software TPS	13
Gambar 4 Detektor Farmer Chamber	14
Gambar 5 Linear Accelerator	15
Gambar 6 Software 3D Slicer	15
Gambar 7 Potongan dalam Phantom CIRS.....	16
Gambar 8 Bagian tengah Phantom	17
Gambar 9 Elektrometer	17
Gambar 10 Posisi Phantom saat dilakukan pemindaian pada CT Simulator.....	20
Gambar 11 Posisi Phantom saat melakukan pengukuran pada pesawat LINAC	21
Gambar 12 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 13 Citra Hasil Pemindaian Phantom CIRS 062MA.....	25
Gambar 14 (a) Isodosis perencanaan TPS menggunakan nilai CT Number rumah sakit (b) Isodosis Perencanaan TPS menggunakan nilai CT Number <i>Phantom CIRS 062 MA</i>	34
Gambar 15 Hasil gabungan dua perencanaan TPS	35
Gambar 16 Tampilan konfigurasi Gamma Dose Distribution.....	36
Gambar 17 Gamma Volume perencanaan arah penyinaran BOX.....	37
Gambar 18 Kurva Kalibrasi CT Number Phantom CIRS 062MA	38
Gambar 19 Kurva Kalibrasi CT Number rumah sakit.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai Bacaan Elektrometer Kalibrasi	23
Tabel 2 Nilai Faktor Koreksi Kalibrasi.....	24
Tabel 3 Nilai Parameter Kalibrasi	24
Tabel 4 Nilai Dosis Serap, PDD dan Deviasi/penyimpangan Kalibrasi.....	25
Tabel 5 Nilai CT Number/HU <i>Phantom CIRS 062 MA</i>	26
Tabel 6 Nilai CT Number/HU rumah sakit	26
Tabel 7 Keadaan Dasar Pengukuran Untuk Verifikasi Dosis.....	27
Tabel 8 Parameter Faktor Koreksi Verifikasi Dosis.....	27
Tabel 9 Nilai Bacaan Elektrometer untuk Arah Penyinaran AP	28
Tabel 10 Nilai Parameter Verifikasi Dosis untuk Arah Penyinaran AP.....	28
Tabel 11 Nilai Dosis dan Deviasi/penyimpangan Arah Penyinaran AP	28
Tabel 12 Nilai Bacaan Elektrometer untuk Arah Penyinaran AP:PA	29
Tabel 13 Nilai Parameter Verifikasi Dosis untuk Arah Penyinaran AP:PA.....	29
Tabel 14 Nilai Dosis dan Deviasi/penyimpangan untuk Arah Penyinaran AP:PA	30
Tabel 15 Nilai Bacaan Elektrometer untuk Arah Penyinaran RL:LL	30
Tabel 16 Nilai Parameter Verifikasi Dosis untuk Arah Penyinaran RL:LL.....	31
Tabel 17 Nilai Dosis dan Deviasi/penyimpangan untuk Arah Penyinaran RL:LL	31
Tabel 18 Nilai Bacaan Elektrometer untuk Arah Penyinaran BOX	32
Tabel 19 Nilai Parameter Verifikasi Dosis untuk Arah Penyinaran BOX	32
Tabel 20 Nilai Dosis dan Deviasi/penyimpangan untuk Arah Penyinaran BOX ...	33
Tabel 21 Nilai Dosis dan Deviasi/penyimpangan untuk 4 arah Penyinaran.....	40
Tabel 22 Nilai Gamma Index pada Evaluasi Gamma.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Keadaan Dasar Kalibrasi

LAMPIRAN B : Nilai Hasil Pengukuran Kalibrasi

LAMPIRAN C : Tabel 4.VII Quadratic Fit Coefficients

LAMPIRAN D : Hasil Perhitungan Evaluasi gamma Pada Arah Penyinaran AP

LAMPIRAN E : Hasil Perhitungan Evaluasi gamma Pada Arah Penyinaran AP:PA

LAMPIRAN F : Hasil Perhitungan Evaluasi gamma Pada Arah Penyinaran RL:LL

LAMPIRAN G : Hasil Perhitungan Evaluasi gamma Pada Arah Penyinaran BOX



DAFTAR SIMBOL

Besaran	Satuan	Simbol
Temperatur	°C atau Derajat Celcius	T
Tekanan	Pa atau Pascal	P
Tegangan	V atau Voltage	V
Bacaan elektrometer	C atau Coulomb	M



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan	Kemunculan Awal dalam teks
TPS	<i>Treatment Planning System</i>	Hal. vi
CT	<i>Computed Tomography</i>	Hal. vi
LINAC	<i>Linear Accelerator</i>	Hal. vi
AP	<i>Antero-Posterior</i>	Hal. vi
AP:PA	<i>Antero-Posterior:Postero-Anterior</i>	Hal. vi
RL:LL	<i>Right Lateral:Left Lateral</i>	Hal. vi
WHO	<i>World Health Organization</i>	Hal. 1
GLOBOCAN	<i>Global Burden of Cancer</i>	Hal. 1
TLD	<i>Thermoluminescent Dosimeter</i>	Hal. 1
AAA	<i>Analytical Anisotropic Algorithm</i>	Hal. 2
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>	Hal. 5
TRS	<i>Technical Report Series</i>	Hal. 5
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i>	Hal. 5
HU	<i>Hounsfield Units</i>	Hal. 6
QA	<i>Quality Assurance</i>	Hal. 7
QC	<i>Quality Control</i>	Hal. 7
AAPM TG	<i>American Assosiation of Physicists in Medicine Task Group</i>	Hal. 7
MU	<i>Monitor Unit</i>	Hal. 7
DD	<i>Dose Difference</i>	Hal. 10
DTA	<i>Dose to Agreement</i>	Hal. 10
ROI	<i>Region Of Interest</i>	Hal. 16
SSD	<i>Source to Surface Distance</i>	Hal. 17
PDD	<i>Percentage Depth Dose</i>	Hal. 22
TPR	<i>Tissue Phantom Ratio</i>	Hal. 35
RED	<i>Relative Electron Density</i>	Hal. 38