



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**KUALITAS BERKAS FOTON ENERGI 6 MV DAN 10 MV
PADA PESAWAT *LINEAR ACCELERATOR* ELEKTA
BERDASARKAN PROTOKOL TRS 398
DI RSPAD GATOT SUBROTO**

ZAKIYATUN NISA 320200304025

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI FISIKA
BOGOR 2024**



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**KUALITAS BERKAS FOTON ENERGI 6 MV DAN 10 MV
PADA PESAWAT *LINEAR ACCELERATOR* ELEKTA
BERDASARKAN PROTOKOL TRS 398
DI RSPAD GATOT SUBROTO**

ZAKIYATUN NISA 320200304025

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI FISIKA
BOGOR 2024**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Zakiyatun Nisa
NIM : 320200304025
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Kualitas Berkas Foton Energi 6 MV dan 10 MV Pada Pesawat *Linear Accelerator* Elekta Berdasarkan Protokol TRS 398 di RSPAD Gatot Subroto

Dosen Pembimbing I



Raditya Faradina Pratiwi, S.Si., MHC.
NIP.1987082420220320001
Tanggal : 21 Juli 2019

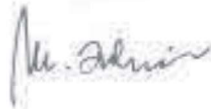
Dosen Pembimbing II



Hadi Lesmana, S.Si., M.Si.
NIP.198409092007011001
Tanggal : 24 Juli 2019

Mengetahui,

Kepala Program Studi



M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek NRP. 522657
Tanggal : 25 Juli 2019


Dekan Fakultas MIPA Militer



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal : 25 Juli 2019

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Zakiyatun Nisa
NIM : 320200304025
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Kualitas Berkas Foton Energi 6 MV dan 10 MV Pada Pesawat *Linear Accelerator* Elekta Berdasarkan Protokol TRS 398 di RSPAD Gatot Subroto

No	Nama	TandaTangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Raditya Faradina Pratiwi, S.Si., MHC. NIP.1987082420220320001		22 Juli 2024
2	Dosen Pembimbing II: Hadi Lesmana, S.Si., M.Si. NIP.198409092007011001		22 Juli 2024
3	Dosen Penguji I: Aditya Tri Oktaviana, S.Si., M.Si. NIP.199210082022031003		22 Juli 2024
4	Dosen Penguji II: Imastuti, S.Pd., M.Han. NIDN.4701079401		22 Juli 2024

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 22 Juli 2024



Zakiyatun Nisa

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Zakiyatun Nisa
NIM : 320200304025
Program Studi : Sarjana Fisika
Fakultas : FMIPA Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Kualitas Berkas Foton Energi 6 MV dan 10 MV Pada Pesawat *Linear Accelerator* Elekta Berdasarkan Protokol TRS 398 di RSPAD Gatot Subroto

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada tanggal : 24 Juli 2024
Yang menyatakan



Zakiyatun Nisa
NIM. 320200304025

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: “Kualitas Berkas Foton Energi 6 MV dan 10 MV Pada Pesawat *Linear Accelerator* Elekta Berdasarkan Protokol TRS 398 di RSPAD Gatot Subroto” dapat diselesaikan. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Fisika Fakultas MIPA Militer Universitas Pertahanan RI.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Letnan Jenderal TNI Jonni Mahroza S.IP., M.A, M.Sc., CIQnR., CIQaR., Ph.D. selaku Rektor Universitas Pertahanan RI.
2. Bapak Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan RI.
3. Bapak Kolonel Tek M. Zuhnir P., S.Si., M.Eng. selaku Kepala Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan RI.
4. Ibu Raditya Faradina Pratiwi, S.Si., MHC. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberi masukan, dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Hadi Lesmana, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

6. Seluruh Dosen dan Staf Prodi Fisika yang telah memberikan wawasan yang luas dan membantu penulis sampai pada penyelesaian skripsi,
7. Kedua orang tua dan keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan dalam penyelesaian skripsi,
8. serta semua pihak yang telah membantu dan mendukung pelaksanaan dan penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan penelitian di masa mendatang. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca sekalian.

Bogor, 22 Juli 2024

Zakiyatun Nisa

ABSTRAK

KUALITAS BERKAS FOTON ENERGI 6 MV DAN 10 MV PADA PESAWAT LINEAR ACCELERATOR ELEKTA BERDASARKAN PROTOKOL TRS 398 DI RSPAD GATOT SUBROTO

Linear Accelerator (Linac) merupakan mesin yang mempercepat partikel bermuatan seperti elektron dengan kecepatan yang sangat tinggi untuk mengobati penyakit tumor. Keluaran berkas Linac berupa sinar-x atau foton yang digunakan untuk menyinari kanker dalam jaringan tubuh dan berkas elektron yang digunakan untuk menyinari kanker dekat permukaan kulit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas berkas foton Linac sebagai bagian dari serangkaian *Quality Assurance* dan *Quality Control* berkas radiasi dengan penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV dan 10 MV pada pesawat Linac Elekta menggunakan detector ionisasi PTW TM 30013. Percentage Depth Dose (PDD), Tissue Phantom Ratio (TPR) dan faktor koreksi diukur untuk menentukan nilai dosis serap air pada berkas foton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai keluaran berkas foton pada energi 6 MV dan 10 MV sesuai dengan nilai yang diharapkan sebesar 1 cGy/MU, dengan deviasi masing-masing sebesar 0,37% dan 0,18%. Nilai ini berada dalam kisaran $\pm 3\%$ dari toleransi berdasarkan IAEA TRS 398. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa Linac yang digunakan dalam penelitian ini layak untuk digunakan terapi pada pasien.

Kata kunci : *Linear Accelerator* (Linac), Kualitas berkas foton, *Quality Assurance* dan *Quality Control*

ABSTRACT

QUALITY OF 6 MV AND 10 MV PHOTON ENERGY BEAMS ON ELEKTA LINEAR ACCELERATOR AIRCRAFT BASED ON TRS 398 PROTOCOL AT GATOT SUBROTO RSPAD

Linear Accelerator (Linac) is a machine that accelerates charged particles such as electrons at very high speeds to treat tumors. The output of the Linac beam is in the form of x-rays or photons which are used to illuminate cancer in body tissue and electron beams which are used to illuminate cancer near the surface of the skin. This research aims to determine the quality of the Linac photon beam as part of a series of Quality Assurance and Quality Control radiation beams by determining the water absorption dose rate of 6 MV and 10 MV photon beams on the Linac Elekta aircraft using the PTW TM 30013 ionization detector. Percentage Depth Dose (PDD), Tissue Phantom Ratio (TPR) and correction factor are measured to determine the value of the water absorbed dose in the photon beam. The research results show that the photon beam output values at energies of 6 MV and 10 MV are in accordance with the expected value of 1 cGy/MU, with deviations of 0.37% and 0.18%, respectively. This value is within the range of $\pm 3\%$ of tolerance based on IAEA TRS 398. From these results it can be concluded that the Linac used in this study is suitable for therapeutic use in patients.

Keywords: *Linear Accelerator (Linac), Photon beam quality, Quality Assurance and Quality Control*

DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan Teori	4
2.1.1 <i>Linear Accelerator</i> (Linac)	4
2.1.2 <i>Quality Assurance</i> (QA) dan <i>Quality Control</i> (QC) Pada Pesawat <i>Linear Accelerator</i>	6
2.1.3 Protokol <i>Technical Report Series</i> (TRS) 398 IAEA	10
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	17
2.3 Kerangka Berpikir	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Metode dan Desain Penelitian.....	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3 Alat dan Bahan.....	21
3.3.1 Alat Penelitian	21
3.3.2 Bahan Penelitian.....	24
3.4 Variabel Penelitian	24
3.5 Prosedur Penelitian.....	25
3.6 Metode Analisis	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil	31
4.1.1 Pengukuran PDD	31
4.1.2 Hasil Perhitungan $TPR_{20,10}$	32
4.1.3 Hasil Perhitungan Faktor Koreksi.....	33
4.2 Pembahasan	33
4.2.1 Analisis PDD	33
4.2.2 Analisis $TPR_{20,10}$	34
4.2.3 Analisis Faktor Koreksi	35
4.2.4 Analisis Dosis Keluaran Berkas Foton	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2. 1 Head Linac untuk Berkas Foton</i>	5
<i>Gambar 2. 2 Set-up Percobaan Penentuan Indeks Kualitas Berkas ($TPR_{20,10}$)</i>	15
<i>Gambar 2. 3 Water Phantom</i>	16
<i>Gambar 2. 4 Kerangka Berpikir Penelitian</i>	20
<i>Gambar 3. 1 Linac</i>	22
<i>Gambar 3. 2 Water phantom</i>	22
<i>Gambar 3. 3 PTW UNIDOS® electrometer</i>	23
<i>Gambar 3. 4 PTW UNIDOS® CCU</i>	23
<i>Gambar 3. 5 Ionization chamber PTW Freiburg TM 30013 Sn. 2010</i>	24
<i>Gambar 3. 6 Ilustrasi Set-up pengukuran PDD</i>	25
<i>Gambar 3. 7 Susunan Peralatan pada pengukuran PDD</i>	26
<i>Gambar 3. 8 Set-up Pengukuran PDD dalam Tampilan Software MEPHYSTO</i>	27
<i>Gambar 3. 9 Prosedur Penelitian</i>	28
<i>Gambar 4. 1 (a) PDD 6 MV, (b) 10 MV</i>	32

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2. 1 Daily Test Linac</i>	<i>7</i>
<i>Tabel 2. 2 Monthly Test Linac</i>	<i>8</i>
<i>Tabel 2. 3 Annual Test Linac</i>	<i>9</i>
<i>Tabel 2. 4 Perbandingan Parameter Pengukuran Pada TRS 398 dan AAPM TG-51.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabel 2. 5 Kondisi Referensi Untuk Penentuan Keluaran Berkas Radisi Pada Sinar Foton</i>	<i>15</i>
<i>Tabel 2. 6 Hasil Penelitian Terdahulu</i>	<i>18</i>
<i>Tabel 4. 1 Parameter Dosimetri Berkas Foton 6 MV dan 10 MV</i>	<i>32</i>
<i>Tabel 4. 2 Nilai Faktor-faktor Koreksi Keluaran Berkas Foton</i>	<i>33</i>
<i>Tabel 4. 3 Dosis Serap Air Berkas Foton Sebelum Pergantian Filament</i>	<i>36</i>
<i>Tabel 4. 4 Dosis Keluaran Berkas Foton</i>	<i>36</i>