

**ANALISIS BERKAS FOTON *LINEAR ACCELERATOR* PADA
INSTALASI RADIOTERAPI DI RUMAH SAKIT UMUM
DAERAH DR. DORIS SYLVANUS**

SKRIPSI



**OLEH
FITRIANI
223020901009**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2026**

**ANALISIS BERKAS FOTON *LINEAR ACCELERATOR* PADA
INSTALASI RADIOTERAPI DI RUMAH SAKIT UMUM DR.
DORIS SYLVANUS**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**OLEH
FITRIANI
223020901009**

**PORGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2026**

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Berkas Foton *Linear Accelerator* pada Instalasi Radioterapi di Rumah Sakit Umum Daerah dr. Doris Sylvanus” adalah karya saya sendiri yang dibuat dengan arahan dari dosen pembimbing. Semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk dalam skripsi ini telah saya nyatakan dengan benar. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, 21 Mei 2026

Nama : Fitriani
NIM : 223020901009
Tanda Tangan :



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Berkas Foton *Linear Accelerator* pada Instalasi Radioterapi di Rumah Sakit Umum Daerah dr. Doris Sylvanus
Nama : Fitriani
NIM : 223020901009

Palangka Raya, 13 Mei 2026

Disetujui Oleh:

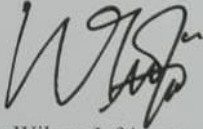
1. Pembimbing I : Kadek Ayu Cintya Adelia, S.Si., M.Si.
2. Pembimbing II : Luqman Hakim, S.Si., M.Si.
3. Penguji I : Made Dirgantara, S.Si., M.Si.
4. Penguji II : Gabriela Elsandika, S.Si., M.Si.

Diketahui Oleh:

Dean FMIPA:

Prof. Dr. Agus Maryono, M.Si.
NIP. 19640805 198903 1 003

Koordinator Program Studi:


Ir. Wilson Jefriyanto, S.Si., M.Si.
NIP. 19930109 202203 1 004

Nama : Fitriani
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Analisis Berkas Foton *Linear Accelerator* pada Instalasi Radioterapi di Rumah Sakit Umum Daerah dr. Doris Sylvanus

ABSTRAK

Radioterapi merupakan metode pengobatan kanker yang memanfaatkan radiasi pengion untuk menghancurkan sel kanker secara selektif. Salah satu alat yang digunakan adalah *linear accelerator* (LINAC) yang menghasilkan berkas foton berenergi tinggi. Evaluasi kualitas berkas dilakukan melalui parameter dosimetri seperti *percentage depth dose* (PDD), *profile dose*, *flatness*, *symmetry*, dan penumbra. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik berkas foton energi 6 MV dan 10 MV pada luas lapangan $10 \times 10 \text{ cm}^2$ dan SSD 100 cm. Hasil menunjukkan bahwa kedalaman dosis maksimum (d_{\max}) untuk energi 6 MV dan 10 MV masing-masing sebesar 1,5 cm dan 2,1 cm, yang menandakan peningkatan energi meningkatkan penetrasi berkas. Analisis *profile dose* menunjukkan distribusi dosis maksimum berada di sekitar sumbu pusat dan menurun seiring kedalaman akibat atenuasi dan hamburan lateral, dengan berkas 10 MV lebih stabil pada kedalaman namun kurang homogen di daerah dangkal. Nilai *flatness* berada pada rentang 1,70%–3,13%, dengan deviasi tertinggi pada 10 MV di kedalaman dangkal. Nilai *symmetry* berkisar 0,126%–0,7878% (<2%), sedangkan penumbra meningkat seiring energi dan kedalaman. Secara keseluruhan, parameter dosimetri memenuhi batas toleransi, dengan deviasi kecil pada kondisi tertentu.

Kata kunci: *flatness*, LINAC, PDD, penumbra, *symmetry*

Name : Fitriani
Study Program : Physics
Title of Thesis : Analysis of Linear Accelerator Photon Bunch in
Radiotherapy Installations at Doris Sylvanus Regional
General Hospital

ABSTRACT

Radiotherapy is a cancer treatment method that utilizes ionizing radiation to selectively destroy cancer cells. One of the commonly used devices is a linear accelerator (LINAC), which produces high-energy photon beams. Beam quality evaluation is performed using dosimetric parameters such as percentage depth dose (PDD), dose profile, flatness, symmetry, and penumbra. This study aims to analyze the characteristics of 6 MV and 10 MV photon beams at a field size of $10 \times 10 \text{ cm}^2$ and SSD of 100 cm. The results show that the depth of maximum dose (d_{max}) for 6 MV and 10 MV beams is 1.5 cm and 2.1 cm, respectively, indicating that higher energy increases beam penetration. Dose profile analysis reveals that the maximum dose distribution is located near the central axis and decreases with depth due to attenuation and lateral scattering, while the 10 MV beam appears more stable at deeper depths but less homogeneous in shallow regions. Flatness values range from 1.70% to 3.13%, with the highest deviation observed in the 10 MV beam at shallow depth. Symmetry values range from 0.126% to 0.7878%, remaining within the acceptable tolerance of $<2\%$. Meanwhile, penumbra increases with both energy and depth. Overall, all dosimetric parameters are within tolerance limits, with only minor deviations under certain conditions.

Keywords : flatness, LINAC, PDD, penumbra, symmetry

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Berkas Foton *Linear Accelerator* pada Instalasi Radioterapi di Rumah Sakit Umum Daerah dr. Doris Sylvanus” ini dengan baik.

Penulisan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Kadek Ayu Cintya Adelia, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Luqman Hakim, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Made Dirgantara, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I dan Ibu Gabriela Elsandika, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini menjadi lebih baik.
3. Bapak Jhon Wesly Manik, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pendamping Akademik penulis dari semester 1 hingga semester 7 yang telah memberikan banyak arahan dan dukungan kepada penulis dalam menjalankan perkuliahan dan penelitian ini.
4. Dosen dan Staff Program Studi Fisika Univesitas Palangka Raya yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada Penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Fisika.
5. Bapak Raden Asrisal, S.Si., selaku Fisikawan Medik sekaligus pembimbing lapangan di Instalasi Radioterapi di RSUD Doris Sylvanus.
6. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan doa, bantuan, dan dukungan secara moral dan materi selama proses pengerjaan proposal skripsi.
7. Teman terbaik saya dengan NIM 203020901004 yang telah membantu dan memberikan dukungan serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Teman-teman mahasiswa Program Studi Fisika angkatan 2022 yang telah membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dalam skripsi ini. Penulis juga berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang fisika medis dan radioterapi.

Palangka Raya, 21 Mei 2026



Fitriani
223020901009

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Radiasi	Error! Bookmark not defined.
2.2 Radioterapi	Error! Bookmark not defined.
2.3 <i>Linear Accelerator</i> (LINAC).....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Foton.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Sinar-X Bremsstrahlung.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Karakteristik.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Interaksi Radiasi dengan Materi.....	Error! Bookmark not defined.
2.6 Dosis Radiasi.....	Error! Bookmark not defined.
2.7 <i>Percentage Depth Dose</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8 <i>Profile Dose</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Waktu Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Alat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Bahan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Prosedur Penelitian	22
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	22
3.3.2 Variabel Penelitian	22
3.3.3 Persiapan Alat	Error! Bookmark not defined.
3.3.4 Pengukuran <i>Percentage Depth Dose</i> (PDD)..	Error! Bookmark not defined.
3.3.5 Pengukuran <i>Profile Dose</i>	Error! Bookmark not defined.
3.3.6 Perhitungan <i>Flatness</i> , <i>Symmetry</i> dan Penumbra	24
3.3.7 Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.

4.1	Analisis Hasil Pengukuran <i>Percentage Depth Dose</i> (PDD)	Error! Bookmark not defined.
4.2	Analisis Hasil Pengukuran <i>Profile Dose</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Berkas Foton Pada Energi 6 MV	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Berkas Foton Pada Energi 10 MV	Error! Bookmark not defined.
4.3	Analisis Perhitungan <i>Flatness</i> , <i>Symmetry</i> , dan Penumbra	Error! Bookmark not defined.
	Bookmark not defined.	
4.3.1	Perhitungan <i>Flatness</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.2	Perhitungan <i>Symmetry</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.3	Perhitungan Penumbra	Error! Bookmark not defined.
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		1
LAMPIRAN		45
RIWAYAT HIDUP		90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pesawat <i>Linear Accelerator</i> (dokumentasi pribadi)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Pembentukan Sinar-X Bremsstrahlung (Bushong, 2017)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Pembentukan sinar-X Karakteristik (Bushong, 2017)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 Perpindahan elektron antar kulit dalam atom (Krane, 2011)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Proses terjadinya efek fotolistrik (Bushong, 2017)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 Proses terjadinya efek compton (Krane, 2011)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7 Proses terjadinya produksi pasangan (Bushong, 2017)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8 Pengaturan pengukuran PDD (Sruti dkk., 2015)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9 Kurva <i>Profile Dose</i> (Chowdhury dkk., 2024)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.10 Daerah <i>flatness</i> pada kurva <i>Profile Dose</i> (Podgorsak, 2006)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.11 Daerah <i>symmetry</i> pada kurva <i>Profile Dose</i> (Podgorsak, 2006)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12 Daerah penumbra pada kurva <i>Profile Dose</i> (Podgorsak, 2006)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2 Kurva Percentage Depth Dose Berkas Foton pada Luas Lapangan $10 \times 10 \text{ cm}^2$, $20 \times 20 \text{ cm}^2$, dan $30 \times 30 \text{ cm}^2$ (Priskila dkk., 2024)	24
Gambar 4.1 <i>Percentage Depth Dose</i> Berkas Foton	25
Gambar 4.2 <i>Profile Dose</i> pada energi 6 MV di posisi <i>inplane</i>	28
Gambar 4.3 <i>Profile Dose</i> pada energi 6 MV di posisi <i>crossplane</i>	29
Gambar 4.4 <i>Profile Dose</i> pada energi 10 MV di posisi <i>inplane</i>	30
Gambar 4.5 <i>Profile Dose</i> pada energi 10 MV di posisi <i>crossplane</i>	30

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.2 Alat Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.1 Kedalaman dosis maksimum (d_{max}) untuk masing-masing energi..... 27
- Tabel 4.2 Data perhitungan *flatness* pada posisi *inplane*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.3 Data perhitungan *flatness* pada posisi *crossplane* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.4 Data perhitungan *symmetry* pada posisi *inplane*.. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.5 Data perhitungan *symmetry* pada posisi *crossplane* ...**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.6 Data perhitungan penumbra pada posisi *inplane* . **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.7 Data perhitungan penumbra pada posisi *crossplane*...**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1) Dosis Serap.....	14
Persamaan (2.2) Dosis Ekuivalen	15
Persamaan (2.3) Dosis Efektif.....	15
Persamaan (2.4) <i>Percentage Depth Dose</i>	16
Persamaan (2.5) <i>Flatness</i>	17
Persamaan (2.6) <i>Symmetry</i>	18
Persamaan (4.1) Eksponensial <i>Percentage Depth Dose</i> pada Energi 6 MV.....	26
Persamaan (4.2) Eksponensial <i>Percentage Depth Dose</i> pada Energi 10 MV	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Data <i>Percentage Depth Dose</i> pada Energi 6 MV	45
Lampiran 2. Contoh Data <i>Profile Dose</i> pada Energi 6 MV di Kedalaman Maksimum.....	61
Lampiran 3. Perhitungan <i>Flatness Profile Dose</i>	81
Lampiran 4. Perhitungan <i>Symmetry Profile Dose</i>	83
Lampiran 5. Perhitungan Penumbra	85
Lampiran 6. Dokumentasi	88

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, L. A., Milvita, D., Prasetio, H., & Diyona, F. (2022). Verifikasi Dosis Radiasi Berkas Foton 6 MV pada LINAC CLINAX CX Menggunakan Detektor Bilik Ionisasi di RSP Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, 12(1), 83–88. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.82-87.2023>
- Akbar, F., Trikasjono, T., & Widarto, W. (2019). Analisis Keselamatan Radiasi Kolimator Bahan Nikel Pada Beamport Tembus Radial Reaktor Kartini. *Jurnal Forum Nuklir*, 13(2), 73. <https://doi.org/10.17146/jfn.2019.13.2.5043>
- Analia, R., Fardela, R., Ridwan, R., Diyona, F., & Muttaqin, A. (2024). Dosimetric Analysis of 6 MV Energy Photon Radiation Beam on Flatness and Symmetry on Linac in Radiotherapy Installation of UNAND Hospital. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 13(2), 175. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v13i2.24016>
- Artitin, C., & Regina, N. (2024). Pengukuran Dosis Radiasi Yang Diterima Organ Tiroid Pada Pemeriksaan Shoulder Joint. *Jurnal Teras Kesehatan*, 7(1), 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.38215/jtkes.v7i1.100>
- Bahri, S. (2005). Variasi Tegangan Pemercepat Terhadap Spektrum Sinar-X Untuk Absorber Cu Dan Al. *Jurnal Gradien*, 1(1), 6–9.
- Bortfeld, T., & Jeraj, R. (2011). The Physical Basis and Future of Radiation Therapy. *British Journal of Radiology*, 84(1002), 485–498. <https://doi.org/10.1259/bjr/86221320>
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2021). The Essential Physics of Medical Imaging. In *Radiology* (Fourth, Vol. 191, Issue 3). Wolters Kluwer. <https://doi.org/10.1148/radiology.191.3.786>
- Bushong, S. C. (2017). *Radiologic Science for Technologists Phys, Biology & Protection*. 1–29.
- Cahyaningtyas, S. I., Anggraini, R. M., & Fendriani, Y. (2024). Analisis Keluaran Berkas Radiasi Sinar-X pada Pesawat Linear Accelerator (LINAC) Berdasarkan TRS 398 IAEA di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau. *Jurnal Fisika Unand*, 13(2), 282–289. <https://doi.org/10.25077/jfu.13.2.282-289.2024>

- ClinicalGate. (2015). General and Historical Considerations of Radiotherapy and Radiosurgery. <https://clinicalgate.com/general-and-historical-considerations-of-radiotherapy-and-radiosurgery/>
- Doyan, A., & Melita, A. S. (2022). Percobaan Efek Foto listrik Berbasis Arduino Uno dengan LED 3 Warna sebagai Sumber Cahaya. *Kappa Journal*, 6(1), 31–37. <https://doi.org/10.29408/kpj.v6i1.5863>
- Eenboom, F. F. (2015). Development and Evaluation of a Dose Monitoring System for Modern Radiotherapy. Carl von Ossietzky University.
- Gavrilas, L., & Kotsis, K. T. (2024). Electromagnetic Radiation: A Comprehensive Review of Misconceptions. *Eurasian Journal of Science and Environmental Education*, 4(2), 19–38. <https://doi.org/10.30935/ejsee/15719>
- Grace Vanya Priskila, & Josua Timotius Manik. (2024). Analisis Dosis Berkas Foton 15 Mv Dengan Variasi Luas Lapangan Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 20(3), 354–361. <https://doi.org/10.35580/jspf.v20i3.5323>
- Guritna, E., Maslebu, G., Wibowo, N. A., & Hidayatullah, M. (2018). Analisis Elektron Beam Profile Constancy pada Pesawat Linac. *Jurnal Fisika FLUX*, 14(2), 110. <https://doi.org/10.20527/flux.v14i2.4134>
- Handoko, A., Hidayanto, E., & Very Richardina, dan. (2018). Analisis Keakuratan Verifikasi Dosis Dengan Menggunakan Perbandingan Phantom Standar Dan Phantom Replika. *Youngster Physics Journal*, 07(1), 1–10.
- Hartanti, M., & Amilian, D. (2025). Efek Fotolistrik dan Aplikasinya Dalam Teknologi Surya. *Journal of Science and Technology: Alpha*, 1(2), 48–54. <https://doi.org/10.70716/alpha.v1i2.174>
- Hasanah, H., Qomariyah, N., Makmur, I. W. A., Subroto, R., & Wirawan, R. (2020). Analisa Kurva Pdd Dan Profile Dose Berkas Elektron Pesawat Linac Varian Clinac Cx. *Indonesian Physical Review*, 3(2), 84–92. <https://doi.org/10.29303/ipr.v3i2.43>
- IAEA. (n.d.). Radiotherapy. <https://www.iaea.org/resources/hhc/medical-physics/radiotherapy>
- IARC. (2024). Global Cancer Burden Growing, Amidst Mounting Need for Services. <https://www.iarc.who.int/news-events/global-cancer-burden->

- growing-amidst-mounting-need-for-services/?utm_source=chatgpt.com
- J.Hall, E., & J.Giaccia, A. (2019). *Radiobiology for the Radiologist* (Eighth). Wolters Kluwer.
- Khairani, N., Azam, M., Sofjan, K. F., & Soeleman. (2007). Penentuan Kandungan Unsur Krom Dalam Limbah Tekstil Dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Berkala Fisika*, 10(1), 35.
- Khiftiyah, M., Hidayanto, E., & Arifin, Z. (2014). Analisa Kurva Percentage Depth Dose (PDD) Dan ProfileDose Untuk Lapangan Radiasi Simetri Dan Asimetri Pada Linear Accelerator (LINAC) 6 Dan 10 MV. *Youngster Physics*, 3(4), 279–286.
- Knoll, G. F. (2010). *Radiation Detection and Measurement* (Fourth). John Wiley & Sons, Inc.
- Krane, K. (2011). *Modern Physics* (Third). John Wiley & Sons, Inc.
- Maros, H., & Juniar, S. (2018). *Pedoman Pelayanan Radioterapi Di Rumah Sakit*. Pori, 1–23.
- Milvita, D., Mahyudin, A., & Alvionita, V. (2018). Analisis Nilai Percentage Depth Dose(Pdd) Terhadap Variasi Kedalaman Target Dan Luas Lapangan Penyinaran Menggunakan Pesawat Linac-Cx. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 15(2), 93. <https://doi.org/10.31258/jkfi.15.2.93-97>
- Petringa, G., Raffaele, L., Cuttone, G., Guarrera, M., Catalano, R., Antonio, G., Cirrone, P., & Kurmanova, A. (2026). Measurement of Percentage Depth – Dose Distributions in Clinical Dosimetry : Conventional Techniques and Emerging Sensor Technologies.
- Podgorsak, E. B. (2006). *Basic Radiation Physics*. In *Radiation Oncology Physics: A* (pp. 1–97). International Atomic Energy Agency.
- Primadila, E., Milvita, D., Prasetio, H., & Kanie, M. A. J. (2020). Estimasi Dosis Radiasi 3D Energi Foton Berbasis Percentage Depth Dose (PDD) dan Profile Dose untuk Treatment Planning System (TPS) Pesawat LINAC. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), 323–330. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.3.323-330.2020>
- Rahayu, I. I., Nurdin, W. B., & Samad, B. A. (2015). Analisis Dosis Output Berkas Elektron pesawat Teleterapi Linear Accelerator (LINAC) Tipe Varian HCX 6540 Menggunakan TRS 398. *Jurnal Fisika FMIPA UNHAS*, 1(1), 1–10.

- Rappan, E., Munir, R., & Putri, E. R. (2024). Analisis Pemantauan Dosis Efektif Jaringan Paru-Paru pada Pekerja Radiasi Menggunakan Thermoluminescent Dosimeter (TLD) di RSUD A.W. Sjahranie Samarinda. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 21(3), 189–198. <https://doi.org/10.20527/flux.v21i3.17384>
- Riadul Islam Chowdhury, Rubel Ahmed, Fajle Rabby, Mahmuda Akter, & Motiur Rahman. (2024). Beam Profile Characteristics of a Varian Linear Accelerator Across Different Photon Energy Levels. *International Journal of Science and Research Archive*, 12(2), 1072–1082. <https://doi.org/10.30574/ijsra.2024.12.2.1316>
- Rostamzadeh, M., Ishihara, Y., Nakamura, M., Popescu, I. A., Mestrovic, A., Gete, E., Fedrigo, R., & Bergman, A. M. (2020). Monte Carlo Simulation of 6-MV Dynamic Wave VMAT Deliveries by Vero4DRT Linear Accelerator Using EGSnrc Moving Sources. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 21(12), 206–218. <https://doi.org/10.1002/acm2.13090>
- Rsud, S., & Sylvanus, D. (2022). SEJARAH RSUD dr. DORIS SYLVANUS.
- Sabbar, A. R., Abdullah, S. S., Alabedi, H. H., Alazawy, N. M., & Al-Musawi, M. J. (2021). Electron Beam Profile Assessment of Linear Accelerator Using Startrack Quality Assurance Device. *Journal of Physics: Conference Series*, 1829(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1829/1/012015>
- Saunders, R. (2017). Nonionizing Radiation Protection. In A. W. Wood & K. Karipidis (Eds.), *International Journal of Radiation Biology* (Vol. 60, Issue 4). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1080/09553009114552531>
- Septina, F., Rahman, F. U. A., Pamadya, S., Damayanti, M. A., Kurniati, N., Ramadhan, A. Z., Romadhoni, E. N., & Khoironi, E. (2022). Penggunaan Pesawat Sinar-X di Bidang Kedokteran Gigi: Update Terkini Pesawat Sinar-X Handheld Portabel. UB PRESS. https://books.google.co.id/books/about/Penggunaan_Pesawat_Sinar_X_di_Bidang_Ked.html?id=BxKfEAAQBAJ&redir_esc=y
- Setiawan, L., & Timotius Manik, J. (2024). Analisis Perbedaan Dosis Satu Dimensi Pada Berkas Foton 6 dan 10 MV Menggunakan Simulasi Monte Carlo Phits. *Blantika: Multidisciplinary Journal*, 2(8), 211–216.

<https://doi.org/10.57096/blantika.v2i8.192>

- Sherwin, J. A. (2020). Effect of The Electron Motion on The Compton Scattering of a Twisted Photon. *Physical Review Research*, 2(1), 13168. <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.013168>
- Siddique, S., & Chow, J. C. L. (2020). Artificial Intelligence in Radiotherapy. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, 25(4), 656–666. <https://doi.org/10.1016/j.rpor.2020.03.015>
- Sruti, R. N., Islam, M. M., Rana, M. M., Bhuiyan, M. M. H., Khan, K. A., Newaz, M. K., & Ahmed, M. S. (2015). Measurement of Percentage Depth Dose of a Linear Accelerator for 6 MV and 10 MV Photon Energies. *Nuclear Science and Applications*, 24(2), 32.
- Sugiarta, K., Nyoman Ratini, N., Suyanto, H., Studi Fisika, P., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Udayana, U., Bukit Jimbaran, K., Instalasi Onkologi Radiasi RSUD Bali Mandara, S., Bypass Ngurah Rai no, J., Kauh, S., Selatan, D., Denpasar, K., & Email Korespondensi, B. (2022). Analisis Dosis Keluaran Berkas Sinar-X Pesawat Linac Varian Clinac CX Berdasarkan Protokol Dosimetri IAEA TRS 398. Desember 2022, 6(2), 366–372.
- Suharmono, B. H., Anggraini, I. Y., Hilmaniyya, H., & Astuti, S. D. (2020). Quality Assurance (QA) Dan Quality Control (QC) Pada Instrumen Radioterapi Pesawat LINAC. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 22(2), 73. <https://doi.org/10.20473/jbp.v22i2.2020.73-80>
- Sukmawati, C. B., Arianto, F., & Hidayanto, e. (2022). Penentuan dosis serap relatif radiasi Sinar-X pada radiografi thoraks dengan variasi periode pemeriksaan kesehatan menggunakan aplikasi MCNPX. *Berkala Fisika*, 25(1), 7–13.
- Taneja, S., Bartol, L. J., Culberson, W., & De Werd, L. A. (2020). Measurement of the Energy Spectrum of a 6 MV Linear Accelerator Using Compton Scattering Spectroscopy and Monte Carlo-Generated Corrections. *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology*, 09(04), 186–200. <https://doi.org/10.4236/ijmpcero.2020.94017>
- Wulandari, I., Shafii, M. A., Adrial, R., & Diyona, F. (2022). Distribusi Dosis

Radiasi Foton Berdasarkan Variasi Kedalaman dan Luas Lapangan
Penyinaran Pada Fantom Menggunakan Peawat Linac Tipe Clinac Cx. Jurnal
Fisika Unand, 11(1), 89–96. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.1.89-96.2022>