

ANALISIS *DAILY QUALITY ASSURANCE* (QA) DAN *QUALITY CONTROL* (QC) PESAWAT LINAC MENGGUNAKAN *QUICK CHECK WEBLINE* DI RSUD DORIS SYLVANUS KOTA PALANGKA RAYA

SKRIPSI



**OLEH
NOVA WATI PASARIBU
223010901001**

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

ANALISIS *DAILY QUALITY ASSURANCE* (QA) DAN *QUALITY CONTROL* (QC) PESAWAT LINAC MENGGUNAKAN *QUICK CHECK WEBLINE* DI RSUD DORIS SYLVANUS KOTA PALANGKA RAYA

SKRIPSI

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

**OLEH
NOVA WATI PASARIBU
223010901001**

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

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis *Daily Assurance* (QA) dan *Quality Control* (QC) Pesawat LINAC Menggunakan *Quick Check Webline* di RSUD Doris Sylvanus Kota Palangka Raya” adalah karya saya sendiri yang dibuat dengan arahan dari dosen pembimbing. Semua sumber baik yang dikutip maupun dalam rujuk skripsi ini telah saya nyatakan benar. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis kepada Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, 29 April 2026

Nama : Nova Wati Pasaribu

NIM : 223010901001

Tanda Tangan :



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis *Daily Quality Assurance (QA)* Dan *Quality Control (QC)*
Pesawat LINAC Menggunakan *Quick Check Webline* Di RSUD
Doris Sylvanus Kota Palangka Raya
Nama : Nova Wati Pasaribu
NIM : 223010901001

Palangka Raya, 11 Mei 2026

Disetujui oleh:


1. Pembimbing I : Kadek Ayu Cintya Adelia, S.Si., M.Si.
2. Pembimbing II : Ety Kurniati, S.Pd., M.Sc.
3. Penguji I : Gabriela Elsandika, M.Si.
4. Penguji II : Luqman Hakim, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh:

Dekan FMIPA

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

Koordinator Program Studi


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

Nama : Nova Wati Pasaribu
Program Studi : 223010901001
Judul Skripsi : Analisis Daily *Quality Assurance* (QA) dan *Quality Control* (QC) Pesawat LINAC Menggunakan *Quick Check Webline* di RSUD Doris Sylvanus Kota Palangka Raya

ABSTRAK

Radioterapi menggunakan *Linear Accelerator* (LINAC) merupakan salah satu modalitas utama dalam pengobatan kanker yang membutuhkan akurasi tinggi dalam pemberian dosis radiasi. Implementasi *Quality Assurance* (QA) dan *Quality Control* (QC) secara rutin untuk menjamin konsistensi output dosis dan parameter fisik berkas radiasi agar terapi dapat berjalan optimal dan aman bagi pasien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa *Quick Check Webline* sebagai alat QA harian dalam memantau output dosis radiasi berkas elektron pada variasi energi 4 MeV, 6 MeV, dan 8 MeV. Metode penelitian meliputi pengukuran output dosis menggunakan *Quick Check Webline* dengan variasi energi yang telah ditentukan, pengukuran parameter *flatness* dan *symmetry* berkas radiasi, aplikator elektron berukuran 10 x 10 cm² serta analisis data hasil pengukuran dibandingkan dengan standar toleransi internasional. Hasil pengukuran selama 31 hari menunjukkan kestabilan output dosis, *flatness* (rentang 99,3%–100,7% untuk 4 MeV), (99,5%–100,7% untuk 6 MeV), (99,5%–100,3% untuk 8 MeV), dan *symmetry* (rentang 98,5%–101,3% untuk 4 MeV), (98,9%–101,0% untuk 6 MeV), (98,9%–100,5% untuk 8 MeV), dengan nilai deviasil (0,23%–0,78%) dan seluruh nilai berada dalam batas toleransi. *Quick Check Webline* efektif sebagai alat QA harian untuk memantau konsistensi output dosis dan parameter fisik berkas elektron pada LINAC *Elekta Synergy*.

Kata kunci : Radioterapi, *Linear Accelerator*, *Quality Assurance*, *Quick Check Webline*, *Flatness*, *Symmetry*

Name : Nova Wati Pasaribu
Study Program : 223010901001
Title of Thesis : Daily Quality Assurance (QA) and Quality Control (QC) Analysis of LINAC Aircraft Using Quick Check Webline at Doris Sylvanus Regional Hospital Palangka Raya City

ABSTRACT

Radiotherapy using a Linear Accelerator (LINAC) is one of the main modalities in cancer treatment that requires high accuracy in delivering radiation doses. The routine implementation of Quality Assurance (QA) and Quality Control (QC) is essential to ensure the consistency of dose output and physical parameters of the radiation beam so that therapy can be performed optimally and safely for patients. This study aims to analyze the performance of the Quick Check Webline as a daily QA tool to monitor the dose output of electron beams with energy variations of 4 MeV, 6 MeV, and 8 MeV. The research method includes measuring dose output using the Quick Check Webline with the specified energy variations, measuring flatness and symmetry parameters of the radiation beam, using a 10 x 10 cm electron applicator, and analyzing the measurement results compared to international tolerance standards. Measurement results over 31 days showed stable dose output, flatness (range 99.3%–100.7% for 4 MeV, 99.5%–100.7% for 6 MeV, 99.5%–100.3% for 8 MeV), and symmetry (range 98.5%–101.3% for 4 MeV, 98.9%–101.0% for 6 MeV, 98.9%–100.5% for 8 MeV), with a deviation value (0,23%–0,78%) and all values within tolerance limits. The Quick Check Webline is effective as a daily QA tool for monitoring the consistency of dose output and electron beam physical parameters on the Elekta Synergy LINAC.

Keywords : Radiotherapy, Linear Accelelator, Quality Assurance, Quick Check Webline, Flatness, Symmetry

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat, rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis *Daily Quality Assurance (QA)* dan *Quality Control (QC)* Pesawat LINAC Menggunakan *Quick Check Webline* di RSUD Doris Sylvanus Kota Palangka Raya” Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Kadek Ayu Cintya Adelia, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing I dan Ibu Ety Kurniati, S.Pd., M.Sc. selaku dosen Pembimbing II serta semua pihak yang turut membantu menyusun dan memberikan bimbingan, arahan, saran, nasihat, dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agus Haryono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Wilson Jefriyanto, S.Si., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika Universitas Palangka Raya.
3. Dosen Penguji yaitu Ibu Gabriela Elsandika, S.Si.,M.Si, Bapak Luqman Hakim S.Si.,M.Si yang telah memberikan banyak masukan dan saran untuk penulisan Tugas Akhir ini.
4. Dosen Program Studi Fisika Universitas Palangka Raya yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis selama menempuh Pendidikan di Program Studi Fisika.
5. Staff Program Studi Fisika Universitas Palangka Raya yang telah mengarahkan dan membantu Penulis selama menempuh Pendidikan di Program Studi Fisika.
6. Bapak Raden Asrial, S.Si., selaku Fisikawan Medik sekaligus pembimbing lapangan di Instalasi Radioterapi salah satu Rumah Sakit Kota Palangka Raya.7.

7. Kedua orang tuaku bapak Pargaulan Pasaribu dan ibu Rohani Sihombing, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup saya, dua orang yang selalu mengusahakan anak terakhirnya ini menempuh Pendidikan setinggi-tingginya. Kepada bapak saya, terima kasih atas setiap cucuran keringat dan kerja keras yang engkau tukarkan menjadi sebuah nafka demi anakmu bisa sampai kepada tahap ini, demi anakmu dapat mengenyam Pendidikan sampai ke tingkat ini. Untuk ibu saya, terima kasih atas segala doa, pesan, motivasi dan harapan yang selalu mendampingi setiap langkah anakmu untuk menjadi seorang yang berpendidikan, terima kasih atas kasih sayang tanpa batas atas kesabaran dan pengorbanan yang selalui mengiringi perjalanan hidup saya, terima kasih telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi, serta pelita yang tak pernah padam dalam setiap langkah yang saya tempuh. Terakhir terima kasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya.
8. Kepada Kakak dan Abang saya, Febriyanti Pasaribu, Bonggas Pasaribu. Terimakasih atas segala doa, usaha, motivasi dan support yang telah diberikan kepada adik terakhir ini.
9. Sahabat kuliah penulis Desi Rantih Amtiran & Sondang Purba. Terima kasih atas segala bentuk dukungan, semangat, motivasi, canda tawa, dan air mata yang kita lalui Bersama dalam menempuh pendidikan di Universitas Palangka Raya.
10. Teman-teman mahasiswa Program Studi Fisika Angkatan 2022 yang tidak bisa Penulis sebutkan satu persatu.

Palangka Raya, 29 April 2026

Nova Wati Pasaribu

223010901001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	II
LEMBAR PERSETUJUAN	III
ABSTRAK	IV
ABSTRACT	V
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	VIII
DAFTAR TABEL	IX
DAFTAR LAMPIRAN	X
BAB I PENDAHULUAN.....	1
10.1 Latar Belakang.....	1
10.2 Rumusan Masalah	3
10.3 Tujuan Penelitian.....	4
10.4 Batasan Masalah.....	4
10.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Radioterapi	6
2.2 Proses Terjadinya Sinar-X.....	7
2.3 Sinar-X.....	8
2.3.1 Sinar-X Karakteristik.....	9
2.3.2 Sinar-X Bremsstrahlung	9
2.4 Interaksi Radiasi dengan Materi.....	10
2.4.1 Efek Fotolistrik.....	10
2.4.2 Hamburan Compton.....	11
2.4.3 Produksi Pasangan	11
2.5 Pesawat Linear Accelerator (LINAC)	12
2.5.1 Peran LINAC Dalam Radioterapi	12
2.5.2 Prinsip Kerja Dan Komponen LINAC	13
2.6 Parameter Fisik Berkas Radiasi QA	14
2.6.1 Profil Dosis	14
2.6.2 <i>Flatness</i>	15
2.6.3 <i>Symmetry</i>	15
2.6.4 Normalisasi Parameter Fisik	15
2.7 Implementasi dan Teknologi Quick Check Weblines untuk QA.....	16
2.8 Studi Terdahulu dan Gap Penelitian Lokal	18
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.1.1 Waktu Penelitian.....	19
3.1.2 Tempat Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.2.1 Alat Penelitian.....	19
3.2.2 Bahan Penelitian.....	20
3.3 Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.3.2 Variabel Penelitian.....	22
3.3.3 Persiapan Alat.....	22

3.3.4	Pengukuran <i>Quick Check Webline</i>	22
3.3.5	Pengukuran Output Dosis Berkas <i>Flatness</i> dan <i>Symmetry</i>	23
3.3.6	Analisis Data	23
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengukuran Output Berkas Elektron Energi 4 MeV.....	27
4.2	Pengukuran Output Berkas Elektron Energi 6 MeV.....	32
4.3	Pengukuran Output Berkas Elektron Energi 8 MeV.....	35
4.4	Analisis <i>Flatness</i> dan <i>Symmetry</i>	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	KESIMPULAN	42
5.2	SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA		44
RIWAYAT HIDUP.....		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Radiasi Pengion	8
Gambar 2.2 Proses Terjadinya Sinar-X dalam Tabung Hampa Udara	9
Gambar 2.3 Proses Terbentuknya Sinar-X Karakteristik	9
Gambar 2.4 Proses Terbentuknya Sinar-X Bremstahlung	10
Gambar 2.5 Proses interaksi foton dalam radioterapi a) efek fotolistrik, b) efek compton, c) produksi pasangan	11
Gambar 2.6 Proses Hamburan Compton	12
Gambar 2.7 Pembentukan Radiasi setelah Produksi Pasangan	12
Gambar 2.8 <i>Linear Accelerator</i> atau LINAC	13
Gambar 2.9 Bagian-bagian LINAC (Podgorsak, 2005)	13
Gambar 2.10 Komponen Bagian Kepala LINAC untuk Terapi. A) menghasilkan berkas foton dan B) menghasilkan berkas electron	14
Gambar 2.11 Medan Radiasi dan Profil Dosis dari sumber Radiasi Ideal	15
Gambar 2.12 Lokasi dan Orientasi <i>Quick Check Weblin</i> Ruang ukur untuk Pengukuran Dosis	16
Gambar 2.13 <i>Quick Check Weblin</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Pengukuran Harian Output Dosis dan Parameter Radiasi Radioterapi Linac	25
Gambar 3.3 Grafik Kontrol Harian Output Dosis Untuk Setiap Energi	26
Gambar 4.1 Grafik <i>Flatness</i> Harian 4 MeV	29
Gambar 4.2 Grafik <i>Symmetry (GT)</i> Harian 4 MeV	31
Gambar 4.3 Grafik <i>Flatness</i> Harian 6 MeV	33
Gambar 4.4 Grafik <i>Symmetry (GT)</i> Harian 6 MeV	35
Gambar 4.5 Grafik <i>Flatness</i> Harian 8 MeV	37
Gambar 4.6 Grafik <i>Symmetry (GT)</i> Harian 8 MeV	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	22
Tabel 3.2 Alat Penelitian.....	23
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran <i>Flatness Output</i> Berkas Elektron Energi 4 MeV	28
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran <i>Symmetry Output</i> Berkas Elektron Energi 4 MeV.....	30
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran <i>Flatness Output</i> Berkas Elektron Energi 6 MeV	32
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran <i>Symmetry Output</i> Berkas Elektron Energi 6 MeV.....	34
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran <i>Flatness Output</i> Berkas Elektron Energi 8 MeV.....	36
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran <i>Symmetry Output</i> Berkas Elektron Energi 8 MeV.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh Data <i>Output</i> Berkas Elektron Energi 4 MeV	47
Lampiran 2 Contoh Data <i>Output</i> Berkas Elektron Energi 6 MeV	50
Lampiran 3 Contoh Data <i>Output</i> Berkas Elektron Energi 8 MeV	28
Lampiran 4 Perhitungan <i>Flatness</i> dan Deviasi.....	59
Lampiran 5 Dokumentasi	60

DAFTAR PUSTAKA

- Adil HM, Abbas SF, Kadhim SA, Mohmmmed AH, Sharad AH. (2024). Radiation therapy systems using linear accelerator, importance of its components and their development. *GSC Advanced Research and Reviews*;20(3):229. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.20.3.0315>.
- Alharbi MKM, Zhou A, Naunton M, Davidson R, Makanjee C. (2025). Innovations in X-ray tube design and instrumentation for conventional radiological applications: a scoping review. *Imaging Sci J.* ;73(6):653-68. <https://doi.org/10.1080/13682199.2025.2470485>.
- Amda, J. M., Waskita, A. A., Saputra, A., & Rianto, S. (2023). Peluang pengembangan artificial intelligence pada radioterapi di indonesia. *Medika Kartika Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 6(Volume 6 No 4), 430–441. <https://doi.org/10.35990/mk.v6n4.p430-441>
- Anwar, K., Isnaini, M., & Utami, L. S. (2018). Eksperimen efek foto listrik berbasis simulasi Phet. *Paedagoria : Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Kependidikan*, 4(2), 9–15.
- Apriantoro NH, Wulandari I, Sari G, Riyangga D, Murdaka EK, Wellyam PP, et al.(2024). Quality control analysis of linear accelerator radiotherapy device in the Department of Radiotherapy at Pasar Minggu District Hospital. *Jurnal Ilmu Fisika* ;16(1):46-54. <https://doi.org/10.25077/jif.16.1.46-54>.
- Ashary, A., Zelviani, S., & Ihsan. (2023). Analisis pengukuran dosis serap radiasi pada pemeriksaan foto thorax pasien pediatric di RSUD Djafar Harun Kolaka Utara. *Jurnal Sains Fisika*, 3(2), 1–9. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>
- Backues A, Feng J, Ni M, Zhong M. (2025). Design of a high-resolution liquid xenon detector for positron emission tomography. *Frontiers in Detection Science and Technology*, 3, 1488822. <https://doi.org/10.3389/fdest.2025.1488822>
- Bashori A, Nurhasanah I, Arifin Z. (2016). Sensitivitas larutan nanopartikel CeO₂ terhadap radiasi sinar gamma teleterapi Cobalt-60. *Youngster Physics*

- Body, S. (2017). *Dasar-dasar radiologi*. Jakarta: Penerbit Medika.
- Bushong, S. C. (2017). *Radiologic science for technologists : physics, biology & protection*. Elsevier.
- Chang, C. S., Tseng, Y. H., Hwang, J. M., Shih, R., & Chuang, K. S. (2016). Dosimetric characteristics and day-to-day performance of an amorphous-silicon type electronic portal imaging device. *Radiation Measurements*, 91 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2016.04.003>
- Chan, M. F., Li, Q., Tang, X., Li, X., Li, J., Tang, G., Hunt, M. A., & Deasy, J. O. (2015). Visual analysis of the daily QA results of photon and electron beams of a Trilogy Linac over a five-year period. *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology*, 4(4), 290–299. <https://doi.org/10.4236/ijmpcero.2015.44035>
- Chinnakannan, N., & Nallamuthu, P. (2024). Using KMeans clustering to evaluate and alert for deviations of Linac photon beam parameters. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 25(1), 305–312. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2024.25.1.305>
- Dianasari, T., & Koesyanto, H. (2017). Penerapan manajemen keselamatan radiasi di instalasi radiologi rumah sakit. *Unnes Journal of Public Health*, 6(3),174. <https://doi.org/10.15294/ujph.v6i3.12690>
- Elsevier. Chinnakannan N, Nallamuthu P. (2024) Using KMeans Clustering to Evaluate and Alert for Deviations of Linac Photon Beam Parameters. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 2024;25(1):305-315
- Fan Q, Zhou S, Lei Y, Li S, Zhang M. A. (2018). Quality assurance approach for linear accelerator mechanical isocenters with portal images. *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering Radiation Oncology*. 2018;7(1):100-14. <https://doi.org/10.4236/ijmpcero.2018.71009>.
- Fardela R, Septryan C, Dian M, Milvita D, Mardiansyah R, Ridwan R, Diyona F, Almahdi M. (2025). Assessment of LINAC source radiation dose around healthy organs using treatment planning system calculation. *Journal of*

Multidisciplinary Applied Natural Science,5(2):398-407.
<https://doi:10.47352/jmans.2774-3047.253>

Indriyani D, Bunawas, Johan AE, Noor. (2013). Pengukuran dosis kedalaman radiasi beta dengan menggunakan extrapolation chamber. *Jurnal Fisika FMIPA Universitas Brawijaya & PTKMR-BATAN*.

Iramanda, D. S., & Aristianingrum, M. A. (2021). Quality Assurance (QA) Dan Quality Control (QC) Cobalt. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 23(2), 61–74.
<https://doi.org/10.20473/jbp.v23i2.2021.61-74>

Jiang Y, Zhang L, Chen H, Wang J, Li X. (2020). Evaluation of QuickCheck Webline for monitoring beam output constancy and physical parameters in linear accelerators. *Radiotherapy and Oncology* . 2020;147:120-6.

Kementrian Kesehatan RI. (2024). Rencana kanker nasional 2024-2034. *Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, September*, 93–94

Khan, F. M., & Gibbons, J. P. (2014). *The physics of radiation therapy* (5th ed.).lippincott Williams & Wilkins.

Kusuma Yoga, A. A. N. G., Kadek Yuda Astina, & I Wayan Juliasa. (2025). Analisis daily quality assurance (QA) / quality control (QC) pada pesawat linac di Unit Onkologi Radiasi RSUD Bali Mandara. *Kappa Journal*, 9(1), 35–42.
<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.27443>

Lamichhane M. Eco-Spheres. (2024). Interconnected systems of earth's biosphere, geosphere, and hydrosphere. *Journal of Earth Science & Climate Change*. 2024;15(3).

Manjali, J. J., Krishnatry, R., Palta, J. R., & Agarwal, J. P. (2022). Quality and safety with technological advancements in radiotherapy: An overview and journey narrative from a low-and middle-income country institution. *Journal of Global Oncology*. <https://doi.org/10.1200/GO.21>

Mott, N. F., & Daniel, H. (2021). Advanced concepts in radiation physics. *Journal of Radiation Physics*, 12(3), 245-258.

Najjar, R. (2023). Radiology's ionising radiation paradox: Weighing the indispensable against the detrimental in medical imaging. *Cureus*.

<https://doi.org/10.7759/cureus.41623>

- Naz, N., Buzdar, S. A., Gadhi, M. A., & Bibi, A. (2024). Analysis of dosimetric parameters of linear accelerator. *d*, 1–11. <https://www.qeios.com/read/Z1H0VW>
- Ningsih, I. F., Astina, K. Y., & Mughnie, B. (2025). Analisa quality assurance (QA) daily pada pesawat linac di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan. *Kappa Journal*, 9(1), 1-6.
- Nyaichyai, K. S., Jha, D., Adhikari, K. P., Prajapati, R., & Neupane, R. (2022). Monitoring linear accelerator output constancy and overall performance using the PTW Quickcheckweblin. *Journal of Nepal Physical Society*, 8(3), 66–74. <https://doi.org/10.3126/jnphysoc.v8i3.50729>
- Okamoto H, Tojo F, Kurita K, Murata M, Ueda M, Shimoike A, et al. (2026). Cherenkov emission-based quality assurance for linear accelerators. *Journal of Radiation Research*. 2026;67(1):20-8. doi:10.1093/jrr/rraf072
- Pajovic S, Roques-Carmes C, Choi S, Kooi SE, Gupta R, Zalis ME. (2025). Nanophotonic thermal management in X-ray tubes. *arXiv*. 2025; arXiv:2503.20946.
- Papajani, B., Selmani, I., Hasimi, A., Kelo, L., & Malkaj, P. (2025). Flatness and symmetry for a 6 MV radiation beam depending on field size and depth variation. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 15(2), 169-172. <https://doi.org/10.31407/ijeess15.222>
- Prabhu S, Naveen DK, Bangera S, Bhat SB. (2020). Production of X-rays using X-ray tube. *Journal of Physics Conference Series*. 2020;1712:012036. doi:10.1088/1742-6596/1712/1/012036
- Purnomo, A., Nurdin, W. B., Dewang, S. (2017). Uji kelayakan pesawat linear accelerator (Linac) berkas sinar- X 6 MV dan 10 MV dengan variasi source to skin distance (SSD) dan kedalaman pada water phantom. *Hasanudin University*, 1–8.
- Rasito, Zulfakhri, Chussetijowati J, Sukmabuana P. (2019). Simulasi MCNPX untuk efisiensi pencacah alfa-beta dalam pengukuran radioaktivitas tanah. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Terapan BATAN*.
- Septiyanti, I., Khalif, M. A., dan Anwar, E. D. (2020). Analisis dosis paparan radiasi

- pada General X-Ray II instalasi radiologi Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Imejing Diagnostik*. 6(2020): 96-102.
- Shevi Wardani, T. (2018). Analisis pemahaman mahasiswa pendidikan fisika Universitas Jember terhadap manfaat serta dampak sinar-X bagi kesehatan. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Terapannya*, 5(1), 28–38.
- 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>
- Tassano-Smith E, Palmer AL, Polak W, Nisbet A. (2025). A survey and analysis of radiotherapy linear accelerator quality control in the United Kingdom, for c-arm and ring gantry systems and associated patient specific quality control. *Br J Radiol*. 2025;98(1173):1463-82. doi:10.1093/bjr/tqaf140
- Trofymenko SV, Kyryllin IV. (2025). K-shell ionization and characteristic x-ray radiation by high-energy electrons and positrons in oriented silicon crystals. *Akhiezer Institute for Theoretical Physics*