



# Analisa Quality Assurance (QA) Daily Pada Pesawat Linac Di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan

Irianti Fitri Ningsih<sup>1\*</sup>, Kadek Yuda Astina<sup>2</sup>, Burlian Mughnie<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Sarjana Terapan, Teknologi Radiologi Pencitraan, Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Sarjana Terapan, Teknologi Radiologi Pencitraan, Akademi Teknologi Radiologi Bogor, Indonesia

Received: 29 September 2024

Revised: 21 February 2025

Accepted: 23 February 2025

Irianti Fitri Ningsih

[iriantifitri28@gmail.com](mailto:iriantifitri28@gmail.com)

© 2025 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.27617>

**Abstract:** Linear Accelerator (Linac) plays a critical role in external radiotherapy for cancer treatment, requiring stringent quality assurance (QA) measures to ensure accuracy and safety. This study focuses on analyzing the implementation of daily QA for the Elekta Princes Linac model Precise at the Radiation Oncology Unit of RSUP Persahabatan. Conducted from May to July 2024, the analysis evaluates four key parameters: Laser Localization, Optical Distance Indicator (ODI), Door Interlock, and Audiovisual Monitor. The results demonstrate that all parameters met the tolerance limits set by AAPM Task Group 142, ensuring the Linac operates safely and effectively. Consistent implementation of daily QA is shown to detect potential deviations early, safeguarding both patient and staff safety while maintaining treatment quality.

**Keywords:** Quality Assurance; Linear Accelerator; Radiotherapy

## Pendahuluan

Radioterapi merupakan salah satu metode pengobatan kanker yang menggunakan radiasi pengion untuk menghancurkan sel tumor (Fardela, R., 2023) baik untuk tujuan kuratif maupun paliatif (Wang dan Tepper, 2021). Radioterapi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu radioterapi eksternal dan internal. Radioterapi eksternal, seperti penggunaan perangkat Cobalt-60 atau Linear Accelerator (Linac), melibatkan sumber radiasi yang ditempatkan di luar tubuh pasien. Sebaliknya, radioterapi internal atau brakhiterapi melibatkan penempatan sumber radiasi isotop, seperti Iridium-192, di dalam atau di dekat area target (Suharmono, B. H., 2020).

Perangkat Linac memainkan peran penting dalam radioterapi eksternal, karena mampu menghasilkan berkas foton dan elektron yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengobatan pasien. Namun, penggunaan Linac memerlukan presisi

tinggi untuk memastikan bahwa dosis radiasi diberikan tepat pada target tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya. Ketidaktepatan dalam penggunaannya dapat meningkatkan risiko kerusakan jaringan normal, bahkan membahayakan pasien. Oleh karena itu, program Quality Assurance (QA) menjadi langkah esensial dalam memastikan akurasi, keamanan, dan konsistensi prosedur terapi radiasi (Abrar, L. A., Milvita, D., Prasetio, H., & Diyona, 2022).

Program Quality Assurance (QA) di fasilitas radioterapi bertujuan memastikan keselamatan pasien, akurasi terapi, dan kinerja optimal perangkat radioterapi (Acquah, G. F., & Schiestl, 2014). QA dilakukan melalui serangkaian langkah terstruktur yang mencakup pengujian parameter mekanik dan keselamatan perangkat. Salah satu panduan utama dalam pelaksanaan QA adalah rekomendasi dari *American Association of Physicists in Medicine (AAPM)* melalui *Task Group 142 (AAPM TG 142)*. Panduan ini

## How to Cite:

Ningsih, I. F., Kadek Yuda Astina, K. Y., & Mughnie B. (2024). Analisa Quality Assurance (QA) Daily Pada Pesawat Linac Di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan. *Kappa Journal*, 9(1), 1-6. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.27617>

menguraikan parameter dan batas toleransi yang harus dipenuhi, seperti Laser Localization dengan toleransi  $\pm 1,5$  mm, Optical Distance Indicator (ODI) dengan toleransi  $\pm 2$  mm, serta pemeriksaan fungsional Door Interlock dan Audiovisual Monitor. Pelaksanaan QA secara rutin, terutama QA harian, bertujuan mendeteksi potensi penyimpangan atau kerusakan perangkat sejak dini, sehingga risiko kegagalan terapi dapat diminimalkan. Dengan demikian, QA tidak hanya menjaga kualitas pelayanan radioterapi, tetapi juga menjadi upaya preventif dalam mencegah dampak negatif terhadap pasien dan staf medis (Hanley, J., 2021).

Peraturan terkait radioterapi di Indonesia, seperti Peraturan Menteri Kesehatan No. HK.01.07/MENKES/316/2020 dan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) No. 3 Tahun 2013, telah menetapkan pentingnya implementasi QA di fasilitas radioterapi. Pelaksanaan QA/QC di fasilitas radioterapi, termasuk pengujian harian, bulanan, dan tahunan, merupakan upaya untuk memastikan keselamatan pasien dan tenaga medis sesuai standar nasional dan internasional. Menurut BAPETEN dan International Atomic Energy Agency (IAEA) (2008), kecelakaan radiasi yang melibatkan perangkat radioterapi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan operasi, kerusakan alat, kegagalan fungsi, kesalahan imobilisasi pasien, kesalahan dalam penempatan atau pengaturan lapangan, kesalahan posisi pasien, kalibrasi yang tidak tepat, dan perhitungan dosis yang tidak akurat, serta faktor lain yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan radiasi. Oleh karena itu, penerapan program QA/QC di fasilitas radiasi sangat penting untuk memastikan perhitungan dosis dilakukan dengan benar dan akurat serta untuk meminimalkan risiko kecelakaan radiasi (Wurdiyanto, G., & Trijoko, 2014).

Perangkat Linac Elekta Prices tipe Precise yang digunakan di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan telah dioperasikan sejak tahun 2021 dan melayani rata-rata 40-50 pasien per bulan. Oleh karena itu, pelaksanaan QA harian menjadi sangat penting untuk menjaga kualitas pelayanan dan menghindari potensi kesalahan operasional. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pelaksanaan QA harian pada perangkat Linac Elekta Prices tipe Precise, dengan fokus pada parameter Laser Localization, ODI, Door Interlock, dan Audiovisual Monitor.

## Metode

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif untuk menganalisis pelaksanaan Quality Assurance (QA) harian pada perangkat Linear Accelerator (Linac) Elekta Prices tipe Precise di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan. Data dikumpulkan selama periode Mei hingga Juli 2024 melalui observasi langsung dengan memantau pelaksanaan QA harian di ruang terapi, checklist QA dengan mencatat hasil pengujian untuk setiap parameter, dokumentasi dengan mengumpulkan hasil pengukuran dari perangkat uji dan mencocokkannya dengan standar.

### Daily Test QA/QC

Pelaksanaan QA/QC daily pada perangkat Linac Elekta Prices tipe Precise di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan umumnya dilakukan 30 menit sebelum dimulainya pelayanan radioterapi. Acuan yang digunakan dalam pelaksanaan QA/QC daily ini adalah standar AAPM TG 142. Pelaksanaan QA/QC daily pada perangkat Linac Elekta Prices tipe Precise di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan umumnya dilakukan 30 menit sebelum dimulainya pelayanan radioterapi. Acuan yang digunakan dalam pelaksanaan QA/QC daily ini adalah standar AAPM TG 142. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan merupakan langkah dasar yang harus dipenuhi sebelum uji dilakukan.

#### 1. Laser Localization

Wilke Phantom diletakkan di tengah meja perawatan, kemudian laser dinyalakan. Penyesuaian laser dilakukan pada tiga sumbu (aksial, sagital, koronal) menggunakan kontrol meja (couch table). Akurasi posisi laser diperiksa dengan mencocokkan titik fokus laser terhadap cekungan phantom. Toleransi yang diizinkan adalah  $\pm 1,5$  mm.



**Gambar 1.** Wilke Phantom (Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan, 2024)

## 2. Optical Distance Indicator (ODI)

Indikator jarak diatur pada posisi 90 cm dan 100 cm. Jarak optik antara perangkat dan permukaan meja perawatan diukur menggunakan alat pengukur ODI. Hasilnya dibandingkan dengan toleransi  $\pm 2$  mm.



**Gambar 2.** Alat Ukur ODI (Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan, 2024)

## 3. Door Interlock

Pintu ruang terapi ditutup, kemudian perangkat Linac diaktifkan. Saat tombol pembuka pintu ditekan, fungsi Door Interlock diuji dengan memverifikasi apakah proses radiasi langsung berhenti.

## 4. Audiovisual Monitor

Pengujian dilakukan dengan menyampaikan pesan audio dan visual melalui sistem komunikasi internal. Respons dari operator di ruang kendali dicatat untuk memastikan fungsi alat berjalan dengan baik.



**Gambar 3.** Alat Uji Audiovisual Monitor (Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan, 2024)

Seluruh hasil pengujian kemudian dicatat dalam lembar check list sesuai dengan objek yang diuji sebagai bukti bahwa pelaksanaan QA/QC daily hari itu telah selesai dilakukan. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan merupakan langkah dasar yang harus dipenuhi sebelum uji dilakukan.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian dari empat parameter utama disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Laser Localization (Mei-Juli 2024)

Tanggal	Posisi Axial (mm)	Posisi Koronal (mm)	Posisi Sagital (mm)	Toleransi ( $\pm 1,5$ mm)
28/05/2024	0	0	0	Sesuai
29/05/2024	0	0	0	Sesuai
30/05/2024	0	0	0	Sesuai
31/05/2024	0	0	0	Sesuai
03/06/2024	0	0	0	Sesuai
04/06/2024	0	0	0	Sesuai
05/06/2024	0	0	0	Sesuai
06/06/2024	0	0	0	Sesuai
07/06/2024	0	0	0	Sesuai
10/06/2024	0	0	0	Sesuai
11/06/2024	0	0	0	Sesuai
12/06/2024	0	0	0	Sesuai
13/06/2024	0	0	0	Sesuai
14/06/2024	0	0	0	Sesuai
17/06/2024	0	0	0	Sesuai
18/06/2024	0	0	0	Sesuai
19/06/2024	0	0	0	Sesuai
20/06/2024	0	0	0	Sesuai
21/06/2024	0	0	0	Sesuai
24/06/2024	0	0	0	Sesuai
25/06/2024	0	0	0	Sesuai
26/06/2024	0	0	0	Sesuai
27/06/2024	0	0	0	Sesuai
28/06/2024	0	0	0	Sesuai
01/07/2024	0	0	0	Sesuai
02/07/2024	0	0	0	Sesuai
03/07/2024	0	0	0	Sesuai
04/07/2024	0	0	0	Sesuai
05/07/2024	0	0	0	Sesuai
08/07/2024	0	0	0	Sesuai
09/07/2024	0	0	0	Sesuai
10/07/2024	0	0	0	Sesuai
11/07/2024	0	0	0	Sesuai
12/07/2024	0	0	0	Sesuai
15/07/2024	0	0	0	Sesuai
16/07/2024	0	0	0	Sesuai
17/07/2024	0	0	0	Sesuai
18/07/2024	0	0	0	Sesuai
19/07/2024	0	0	0	Sesuai
22/07/2024	0	0	0	Sesuai
23/07/2024	0	0	0	Sesuai
24/07/2024	0	0	0	Sesuai
25/07/2024	0	0	0	Sesuai
26/07/2024	0	0	0	Sesuai

Hasil uji menunjukkan bahwa posisi laser pada semua pengujian berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh AAPM TG 142. Tidak ditemukan penyimpangan signifikan, sehingga akurasi Laser Localization dapat terjamin.

Konsistensi nilai nol pada posisi aksial, koronal, dan sagital menunjukkan perangkat mampu menjaga akurasi dalam memposisikan target radiasi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Bonfantini, 2019) yang menyebutkan pentingnya akurasi laser dalam mencegah deviasi posisi pasien selama terapi radiasi.

Tabel 2. Hasil Uji Optical Distance Indicator (ODI) (Mei-Juli 2024)

Tanggal	Jarak 90 cm (mm)	Jarak 100 cm (mm)	Toleransi ( $\pm 2$ mm)
28/05/2024	0	0	Sesuai
29/05/2024	0	0	Sesuai
30/05/2024	0	0	Sesuai
31/05/2024	0	0	Sesuai
03/06/2024	0	0	Sesuai
04/06/2024	0	0	Sesuai
05/06/2024	0	0	Sesuai
06/06/2024	0	0	Sesuai
07/06/2024	0	0	Sesuai
10/06/2024	0	0	Sesuai
11/06/2024	0	0	Sesuai
12/06/2024	0	0	Sesuai
13/06/2024	0	0	Sesuai
14/06/2024	0	0	Sesuai
17/06/2024	0	0	Sesuai
18/06/2024	0	0	Sesuai
19/06/2024	0	0	Sesuai
20/06/2024	0	0	Sesuai
21/06/2024	0	0	Sesuai
24/06/2024	0	0	Sesuai
25/06/2024	0	0	Sesuai
26/06/2024	0	0	Sesuai
27/06/2024	0	0	Sesuai
28/06/2024	0	0	Sesuai
01/07/2024	0	0	Sesuai
02/07/2024	0	0	Sesuai
03/07/2024	0	0	Sesuai
04/07/2024	0	0	Sesuai
05/07/2024	0	0	Sesuai
08/07/2024	0	0	Sesuai
09/07/2024	0	0	Sesuai
10/07/2024	0	0	Sesuai
11/07/2024	0	0	Sesuai
12/07/2024	0	0	Sesuai
15/07/2024	0	0	Sesuai
16/07/2024	0	0	Sesuai
17/07/2024	0	0	Sesuai
18/07/2024	0	0	Sesuai
19/07/2024	0	0	Sesuai
22/07/2024	0	0	Sesuai
23/07/2024	0	0	Sesuai
24/07/2024	0	0	Sesuai
25/07/2024	0	0	Sesuai
26/07/2024	0	0	Sesuai

Pengujian ODI menunjukkan hasil konsisten dengan toleransi yang ditetapkan, sehingga perangkat Linac dipastikan berfungsi optimal untuk memastikan akurasi jarak terapi radiasi. Pengukuran jarak 90 cm dan 100 cm tanpa penyimpangan mencerminkan kualitas perangkat yang memadai dalam memastikan distribusi dosis yang tepat, sebagaimana dilaporkan oleh (Wang, K., & Tepper, 2021)

Tabel 3. Hasil Uji Door Interlock (Mei-Juli 2024)

Tanggal	Fungsi Door Interlock	Status Keselamatan
28/05/2024	Berfungsi	Aman
29/05/2024	Berfungsi	Aman
30/05/2024	Berfungsi	Aman
31/05/2024	Berfungsi	Aman
03/06/2024	Berfungsi	Aman
04/06/2024	Berfungsi	Aman
05/06/2024	Berfungsi	Aman
06/06/2024	Berfungsi	Aman
07/06/2024	Berfungsi	Aman
10/06/2024	Berfungsi	Aman
11/06/2024	Berfungsi	Aman
12/06/2024	Berfungsi	Aman
13/06/2024	Berfungsi	Aman
14/06/2024	Berfungsi	Aman
17/06/2024	Berfungsi	Aman
18/06/2024	Berfungsi	Aman
19/06/2024	Berfungsi	Aman
20/06/2024	Berfungsi	Aman
21/06/2024	Berfungsi	Aman
24/06/2024	Berfungsi	Aman
25/06/2024	Berfungsi	Aman
26/06/2024	Berfungsi	Aman
27/06/2024	Berfungsi	Aman
28/06/2024	Berfungsi	Aman
01/07/2024	Berfungsi	Aman
02/07/2024	Berfungsi	Aman
03/07/2024	Berfungsi	Aman
04/07/2024	Berfungsi	Aman
05/07/2024	Berfungsi	Aman
08/07/2024	Berfungsi	Aman
09/07/2024	Berfungsi	Aman
10/07/2024	Berfungsi	Aman
11/07/2024	Berfungsi	Aman
12/07/2024	Berfungsi	Aman
15/07/2024	Berfungsi	Aman
16/07/2024	Berfungsi	Aman
17/07/2024	Berfungsi	Aman
18/07/2024	Berfungsi	Aman
19/07/2024	Berfungsi	Aman
22/07/2024	Berfungsi	Aman
23/07/2024	Berfungsi	Aman
24/07/2024	Berfungsi	Aman
25/07/2024	Berfungsi	Aman
26/07/2024	Berfungsi	Aman

Door Interlock selalu menunjukkan hasil yang sesuai standar keamanan, yaitu radiasi langsung berhenti ketika pintu dibuka selama uji coba. Fungsi Door Interlock yang selalu aktif memastikan perlindungan terhadap paparan radiasi yang tidak disengaja, sebagaimana diwajibkan dalam regulasi BAPETEN (No. 3 Tahun 2013).

Tabel 4. Hasil Uji Audiovisual Monitor (Mei-Juli 2024)

Tanggal	Fungsi Audio	Fungsi Visual	Status Keselamatan
28/05/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
29/05/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
30/05/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
31/05/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
03/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
04/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
05/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
06/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
07/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
10/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
11/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
12/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
13/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
14/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
17/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
18/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
19/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
20/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
21/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
24/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
25/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
26/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
27/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
28/06/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
01/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
02/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
03/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
04/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
05/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
08/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
09/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
10/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
11/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
12/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
15/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
16/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
17/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
18/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
19/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
22/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
23/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
24/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
25/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman
26/07/2024	Berfungsi	Berfungsi	Aman

Hasil pengujian Audiovisual Monitor menunjukkan bahwa sistem komunikasi berfungsi

dengan baik selama periode pengujian, memastikan keselamatan komunikasi antara staf operator dan pasien. Fungsi komunikasi yang baik mendukung koordinasi antarstaf medis, sehingga keamanan dan kenyamanan pasien tetap terjamin selama terapi.

## Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pelaksanaan Quality Assurance (QA) harian pada perangkat Linear Accelerator (Linac) Elekta Prices tipe Precise di Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan selama periode Mei hingga Juli 2024 telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh *American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group 142*. Empat parameter utama yang diuji, yaitu Laser Localization, Optical Distance Indicator (ODI), Door Interlock, dan Audiovisual Monitor, semuanya berada dalam batas toleransi yang direkomendasikan. Pengujian Laser Localization menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan hasil yang konsisten pada posisi aksial, koronal, dan sagital tanpa penyimpangan. Pengujian ODI juga menunjukkan hasil yang sesuai, memastikan distribusi dosis radiasi yang akurat. Sistem Door Interlock berfungsi secara optimal, menghentikan proses radiasi secara otomatis ketika pintu dibuka, sedangkan Audiovisual Monitor terbukti efektif dalam menjaga komunikasi antara operator dan staf medis di ruang terapi. Namun, selama pelaksanaan penelitian, beberapa tantangan teridentifikasi, seperti keterbatasan dokumentasi visual yang memadai dalam lembar checklist untuk memverifikasi hasil pengujian tertentu secara objektif. Selain itu, proses pengujian kadang terganggu oleh faktor eksternal, seperti penyesuaian jadwal operasional perangkat yang padat, sehingga diperlukan koordinasi lebih lanjut untuk memastikan konsistensi waktu pelaksanaan QA harian. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya pelaksanaan QA harian yang konsisten untuk memastikan keamanan dan akurasi dalam penggunaan perangkat Linac, sekaligus memberikan bukti konkrit atas kepatuhan terhadap standar nasional dan internasional dalam fasilitas radioterapi.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada Instalasi Onkologi Radiasi RSUP Persahabatan yang telah memberikan akses dan fasilitas untuk melaksanakan pengujian QA harian pada perangkat Linac Elekta Prices tipe Precise. Penulis juga mengapresiasi kerja sama yang luar biasa dari seluruh staf di instalasi onkologi radioterapi, terutama dalam membantu pengumpulan

data dan memastikan kelancaran selama proses pengujian berlangsung. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada para dosen dan pembimbing di Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali serta Akademi Teknologi Radiologi Bogor yang telah memberikan bimbingan serta masukan yang sangat berharga sepanjang penelitian ini. Tanpa dukungan dan arahan dari mereka, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik.

### Daftar Pustaka

- Abrar, L. A., Milvita, D., Prasetio, H., & Diyona, F. (2022). *Verifikasi Dosis Radiasi Berkas Foton 6 MV Pesawat Terapi LINAC CLINAX CX Menggunakan Detektor Bilik Ionisasi di RSP Universitas Andalas*.
- Acquah, G. F., & Schiestl, B. (2014). Quality assurance and performance evaluation of an elekta linear accelerator: results from over a year QA experience in Ghana. *IJSBAR*, 14, 356–363.
- Bonfantini, F. (2019). Application of failure mode and effects analysis to optimization of linac quality controls protocol. *Medical Physics*, 46(6), 2541–2555.
- Fardela, R., et al. (2023). Analysis of OAR Dose in Radiotherapy for Sinistra Breast Cancer At Universitas Andalas Hospital Analisis Dosis OAR Pada Radioterapi Kanker Payudara Sinistra Di Rumah Sakit Universitas Andalas. *Natural Science*, 9(2), 112–123.
- Hanley, J., et al. (2021). AAPM Task Group 198 Report: An implementation guide for TG 142 quality assurance of medical accelerators. *Medical Physics*, 48(10), e830–e885.
- Suhamono, B. H., et al. (2020). Quality Assurance (QA) Dan Quality Control (QC) Pada Instrumen Radioterapi Pesawat LINAC. *Jurnal Biosains*, 22(2), 73.
- Wang, K., & Tepper, J. E. (2021). Radiation therapy-associated toxicity: Etiology, management, and prevention. *CA. A Cancer Journal for Clinicians*, 71(5), 437–454.
- Wurdiyanto, G., & Trijoko, S. (2014). Kendali Kualitas dan Jaminan Kualitas Pesawat Radioterapi Bidikan Baru Laboratorium Metrologi Radiasi. *Buletin Alara*, 6(2).
- K. M. K. (2020). Keputusan Menteri Kesehatan (RI). NOMOR HK.01.07/MENKES/316/2020 tentang Standar Profesi Radiografer
- International Atomic Energy Agency. (2008). *Setting up a radiotherapy programme: clinical, medical physics, radiation protection and safety aspects*. Internat. Atomic Energy Agency.
- Nuklir, B. P. T. (2002). Keputusan Ka. BAPETEN No. 21/Ka-BAPETEN/XII-02 tentang Jaminan Kualitas Instalasi Radioterapi.
- Nuklir, B. P. T. (2013). Peraturan Kepala (Perka) BAPETEN No. 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun*.