



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 3 Tahun 2024 Page 676-688

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Quality Assurance (QA) Fluoroscopy Simulator dalam Penunjang Perencanaan Radioterapi Di RS X

Grace Cara Eirene Kakunsi^{1✉}, Robi Dany Riupassa²

Universitas Matana

Email: grace.kakunsi@student.matanauniversity.ac.id^{1✉}

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada pengujian *Quality Assurance (QA)* pada *Fluoroscopy Simulator*. Pelaksanaan QA oleh Fisikawan Medik diperlukan untuk memastikan bahwa alat yang akan digunakan beroperasi dengan baik. Melalui pengujian laser dengan berbagai ukuran lapangan, seperti $20 \times 20 \text{ mm}^2$, $50 \times 50 \text{ mm}^2$, dan $100 \times 100 \text{ mm}^2$, hasilnya memenuhi batas toleransi AAPM 1993, menunjukkan bahwa laser layak digunakan untuk perawatan radioterapi. Begitu pula dengan pengujian kolimator, rotasi *gantry*, dan pergerakan meja, yang menghasilkan data sesuai dengan standar yang ditetapkan. Dengan demikian, konfirmasi dari hasil pengukuran ini memberikan keyakinan bahwa alat medis Simulator tersebut dapat memberikan image yang baik dan akurat, sesuai dengan tujuan QA yang dilakukan oleh Fisikawan Medik.

Kata Kunci: *Radioterapi, Quality Assurance, Fluoroscopy Simulator*

Abstract

This research focuses on Quality Assurance (QA) testing of the Fluoroscopy Simulator. The implementation of QA by Medical Physicists is necessary to ensure that the equipment to be used operates properly. Through testing the laser with various field sizes, such as $20 \times 20 \text{ mm}^2$, $50 \times 50 \text{ mm}^2$, and $100 \times 100 \text{ mm}^2$, the results met the tolerance limits of AAPM 1993, indicating that the laser is suitable for radiotherapy treatment. Similarly, the tests of collimator, gantry rotation and table movement produced data in accordance with the established standards. Thus, confirmation of these measurement results provides confidence that the medical simulator can provide good and accurate images, in accordance with the QA objectives carried out by Medical Physicists.

Keywords: *Radiotherapy, Quality Assurance, Fluoroscopy Simulator*

PENDAHULUAN

Fisika Medis adalah salah satu cabang ilmu dari fisika. Fisika Medis merupakan suatu penerapan atau aplikasi dari ilmu fisika untuk metode diagnosis maupun metode dalam pengobatan suatu penyakit. Di Rumah Sakit X terdapat fasilitas penunjang yaitu Instalasi Radiologi. Instalasi memanfaatkan radiasi pengion dan non pengion melalui modalitas sinar-X dalam melakukan diagnosis dan identifikasi terhadap suatu penyakit yang disertakan dengan gejala-gejala yang dirasakan pada struktur anatomi tubuh pasien yang ditampilkan pada komputer dari imaging plate melalui scanner film atau dapat langsung terlihat di layar komputer dengan menggunakan Digital Radiography (DR). Pemanfaatan radiasi juga digunakan pada pengobatan suatu penyakit, dan lain sebagainya.

Radioterapi adalah suatu metode pengobatan yang memanfaatkan radiasi pengion untuk mengatasi kondisi penyakit kanker (Yunus & Bandu, 2019). Terapi radiasi dengan menggunakan tingkat radiasi yang tinggi bertujuan untuk membunuh sel kanker dan mengurangi dimensi tumor (Harun, et. al., 2022).

Sinar-X memiliki banyak manfaat di berbagai bidang salah satunya di bidang kesehatan. Ketika manfaat dari sinar-X telah dicapai dan tidak ada tenaga medis yang memiliki pengetahuan mengenai radiasi seperti fisikawan medis maka dapat menimbulkan dampak negatif bagi pasien, masyarakat, dan tenaga medis lainnya. Sinar-X adalah radiasi yang dapat merusak materi hidup. Kerusakan tersebut dapat bersifat tidak pasti (non stokastik) atau pasti (stokastik), dimana kerusakan yang bersifat tidak pasti dapat menyebabkan penyakit radiasi akut, seperti muntah, diare, dan rambut rontok, dan untuk kerusakan yang bersifat pasti dapat menyebabkan kanker dan kerusakan genetik (Sukmawati, et. al., 2022). Oleh karena itu peran dari Fisikawan medis sangat dibutuhkan di rumah sakit. Peran fisikawan medis sendiri diantaranya adalah mengukur pemberian dosis

dan mengukur paparan radiasi, serta memastikan peralatan medis yang akan digunakan bekerja dengan baik yang sesuai dengan konsep fisika untuk keselamatan pasien dan tenaga medis.

Manfaat sinar-X di bidang kesehatan adalah untuk menampilkan citra tubuh pasien yang dapat terlihat oleh kasat mata manusia, serta memiliki manfaat yang sangat penting dalam pengobatan suatu kanker. Kanker adalah suatu penyakit yang ditimbulkan akibat sel-sel jaringan tubuh yang mengalami pertumbuhan tidak normal. Perkembangan kanker dapat terjadi dengan sangat cepat bila dibiarkan. Penanganan penyakit kanker dapat dilakukan dengan cara pembedahan, tetapi metode tersebut tidak efektif. Karena memungkinkan ada massa atau kanker yang tersisa saat dilakukan pembedahan. Maka diperlukanlah suatu penanganan yang baik dalam menangani penyakit kanker tersebut. Oleh karena itu, *Fluoroscopy Simulator* adalah suatu penunjang dalam unit radioterapi dalam menangani pengobatan kanker, yakni berperan penting dalam melihat dan mengetahui lokasi detail objek yang akan diamati untuk mempermudah Fisikawan Medik dalam membuat *Treatment Planning System* (TPS), dimana image yang diperoleh pada pemeriksaan menggunakan modalitas Simulator tersebut akan digunakan dalam pembuatan planning atau perencanaan terapi pasien.

Fluoroscopy Simulator adalah suatu alat pemeriksaan lokasi tumor pada pasien yang dilengkapi teknologi 3D. Oleh karena itu, untuk memperoleh image yang baik dan akurat maka perlu dilakukan pengecekan atau pengujian QC oleh Fisikawan Medik untuk memastikan bahwa alat yang akan digunakan beroperasi dengan baik. QA/QC adalah kegiatan yang bertujuan untuk menjaga kualitas perangkat agar selalu memenuhi standar yang telah ditetapkan (Suharmono, et. al., 2020).

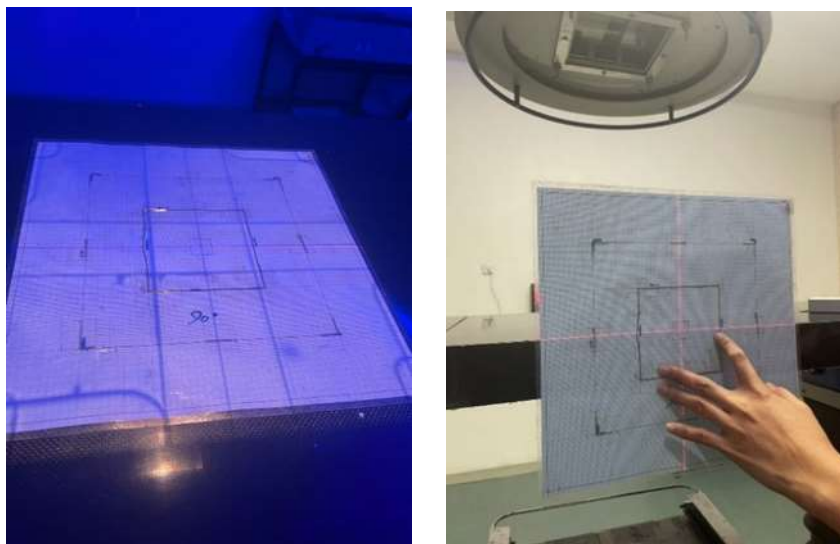
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada alat medis *Fluoroscopy Simulator* di Instalasi Radioterapi di Rumah Sakit X. Alat dan bahan yang digunakan diantaranya adalah mistar, kertas, pulpen, kertas milimeter blok, dan monitor *display*.

Pengujian Laser

Fungsionalitas laser pada simulator dirancang untuk menetapkan posisi yang optimal untuk perawatan radioterapi, menjamin tingkat ketepatan yang tinggi, dan mengurangi risiko kesalahan dalam menentukan area yang akan diradiasi. Langkah awal dalam pengujian adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian laser tersebut. Lalu atur dan pastikan meja pemeriksaan rata, setara air di *waterpass*.

Kemudian atur SSD dengan meja pemeriksaan setinggi 80 cm, di ukur dari titik keluaran berkas radiasi sampai ke permukaan meja pemeriksaan. Setelah itu, nyalakan laser dan biarkan beroperasi selama periode waktu yang diperlukan selama pengujian laser berlangsung. Lalu amati garis atau titik laser pada simulator yang sesuai dengan sumbu referensi. Kemudian gunakan alat pengukur seperti milimeter blok untuk memeriksa posisi laser. Atur ukuran lapangan yang akan di ujikan, ukuran lapangan yang di maksud diantaranya adalah $20 \times 20 \text{ mm}^2$, $50 \times 50 \text{ mm}^2$, dan $100 \times 100 \text{ mm}^2$. Ukuran lapangan yang telah di atur, di ukur dengan kertas milimeter blok yang berada di atas permukaan meja. Kemudian hasil pengukuran yang terlihat pada kertas milimeter blok tersebut di sesuaikan dengan melihat hasil yang tertera pada monitor *display*. Lalu catat hasil yang diperoleh.



Gambar 1. Pengujian Laser Simulator

Pengujian Kolimator

Kolimator pada simulator memiliki fungsi utama dalam membentuk dan mengarahkan sinar-X ke area yang tepat pada pasien saat menjalani proses pemindaian. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian kolimator untuk memastikan kolimator beroperasi dengan baik saat dilakukan pemeriksaan kepada pasien.



Gambar 2. Pengujian Kolimator Simulator

Pengujian kolimator diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan. Kemudian memastikan bagian kolimator dapat diatur dengan tepat pada posisi yang akan di uji kesesuaiannya, dengan mengarahkannya ke beberapa posisi sudut. Lalu lakukan pengujian menggunakan remot kontrol tersebut untuk mengevaluasi keakuratan remot control tersebut dengan arah kolimator yang di atur. Setelah itu, bandingkan posisi yang di tunjukkan oleh remot kontrol dengan posisi sebenarnya yang terlihat pada monitor *display*. Lalu catat hasil yang diperoleh.

Pengujian Rotasi Gantry

Gantry memiliki bentuk seperti struktur cincin atau tabung besar yang memegang komponenn penting dalam melaksanakan proses pemindaian. Gantry di desain untuk melakukan rotasi penuh selama pemindaian, dan menghimpun data proyeksi dari berbagai sudut. Gantry memiliki pegangan yang menahan sumber sinar-X dan detektor di sisi berlawanan. Sumber sinar-X bertugas memancarkan sinar-X ke tubuh pasien, sementara.



Gambar 3. Pengujian Rotasi Gantry Simulator

Detektor berfungsi mendeteksi sinar-X yang telah melewati jaringan tubuh. Pada beberapa gantry, sistem pendingin digunakan untuk mendinginkan peralatan elektronik yang beroperasi pada suhu tinggi selama pemindaian berlangsung. Ini membantu menjaga kinerja optimal dan mencegah kelebihan panas.

Gantry memungkinkan pergerakan sumber sinar-X mengelilingi pasien, memastikan penyinaran dari berbagai sudut tubuh. Detektor pada gantry berfungsi mendeteksi sinar-X yang telah melewati tubuh pasien, dan sinyal-sinyal ini kemudian digunakan untuk membentuk data proyeksi. Dengan kemampuan rotasi, gantry memungkinkan pengumpulan data proyeksi dari berbagai sudut, diperlukan untuk pembentukan gambar

tiga dimensi tubuh pasien. Gantry berinteraksi dengan sistem komputer untuk mengendalikan pergerakan, waktu paparan sinar-X, dan pengolahan data proyeksi. Desain gantry memberikan fleksibilitas dan presisi untuk menghasilkan gambar tubuh dengan detail tinggi, sesuai dengan kebutuhan diagnostik atau perencanaan radioterapi.

Pengujian Pergerakan Meja

Meja pemeriksaan adalah tempat untuk memposisikan pasien dalam menjalani simulasi pemindaian sebelum menjalani tahapan perawatan radioterapi. Pasien yang berada di atas meja pemeriksaan akan di posisikan oleh radiografer atau teknisi radiologi yang bertugas dalam melakukan pemeriksaan. Meja pemeriksaan dilengkapi penyangga atau bantalan yang dapat diatur untuk membuat pasien merasakan kenyamanan dengan memperhatikan posisi yang sesuai dalam pemeriksaan. Pergerakan pada meja pemeriksaan berfungsi untuk memposisikan pasien dengan akurasi di area yang diinginkan, sesuai dengan protokol pemindaian dan perawatan yang ditetapkan. Posisi meja pasien ini disesuaikan agar objek yang akan dicari dapat terlihat dengan tepat (Rahmat, et. Al., 2020). Oleh karena itu, dilakukanlah uji pergerakan meja untuk memastikan kesesuaian dengan pemindaian yang telah ditentukan, memastikan meja bergerak dengan akurat.



Gambar 4. Pengujian Pergerakan Meja Simulator

Pelaksanaan pengujian pergerakan meja diawali dengan persiapan alat dan bahan, sambil memastikan meja dapat bergerak dengan stabil dan konsisten. Setelah itu atur meja sejajar dengan sumber radiasi, dan lakukan pengukuran jarak antara meja dengan sumber radiasi. Kemudian lakukan pengujian pergeseran meja sesuai dengan apa yang akan diujikan. Lalu catat dan bandingkan posisi yang ditampilkan oleh penunjuk posisi dengan posisi yang sebenarnya terukur dan terlihat pada monitor *display*. Jika pelaksanaan pengujian pergerakan meja telah selesai, pastikan meja tersebut dapat kembali ke posisi awal dengan benar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pengujian Quality Control pada alat medis *Fluoroscopy Simulator* tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa alat yang akan digunakan beroperasi dengan baik saat melakukan perawatan radioterapi. Berdasarkan beberapa pengujian beserta dengan tahapan pengujian yang telah penulis uraikan pada bab sebelumnya, maka diperoleh hasil pengujian sebagai berikut.

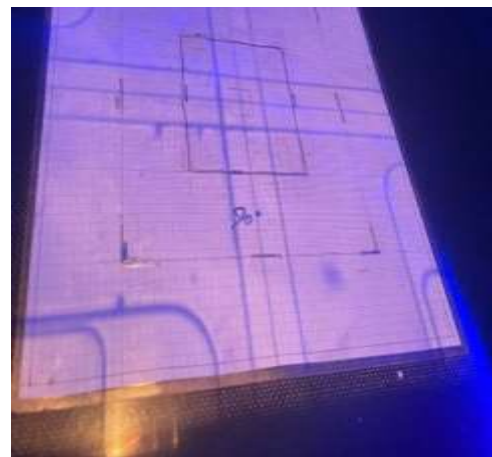
Pengujian Laser

Pengujian laser adalah pengujian yang dilakukan setiap hari untuk memastikan kinerja yang optimal dari sistem tersebut.

Hasil Pengujian Laser pada ukuran lapangan $20 \times 20 \text{ mm}^2$:

Tabel 1. Hasil Pengujian Laser *Fluoroscopy Simulator* Pada Lapangan $20 \times 20 \text{ mm}^2$

Posisi	Set	Ukur	Selisih	Total
X_1	-20	-19	-1	- 1 mm
X_2	20	20	0	- 1 mm
Y_1	-20	-21	+1	- 1 mm
Y_2	20	19	-1	- 1 mm



Gambar 5. Hasil Pengukuran Laser Pada Lapangan $20 \times 20 \text{ mm}^2$

TABLE III. QA of simulators.

Frequency	Procedure	Tolerance ^a
Daily	Localizing lasers	2 mm
	Distance indicator (ODI)	2 mm

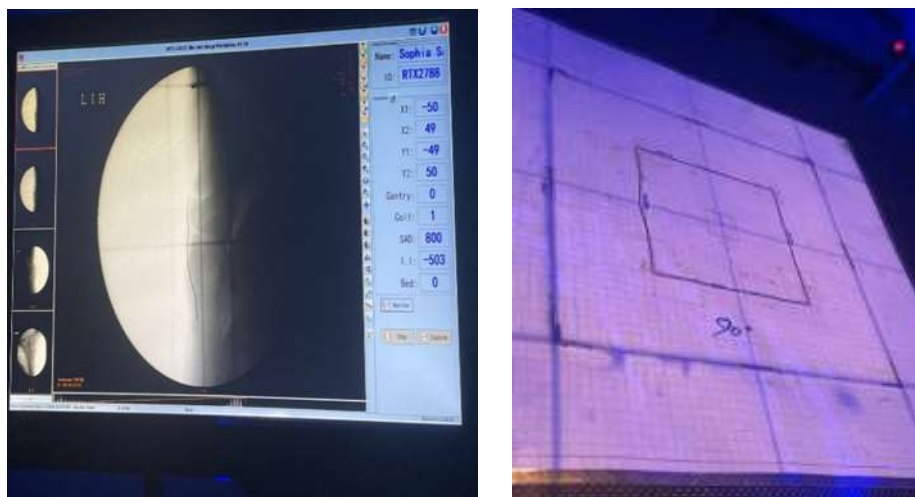
Gambar 6. QA of Simulator Berdasarkan AAPM 1993

Berdasarkan pelaksanaan pengujian laser dengan ukuran lapangan $20 \times 20 \text{ mm}^2$ pada *Fluoroscopy Simulator* di RS X, maka diperoleh hasil pengujian yang ada pada Tabel 1. Hasil pengujian tersebut memenuhi batas toleransi yang sesuai dengan AAPM 1993 yaitu batas toleransi adalah 2 mm, sedangkan untuk hasil pengujian diperoleh sebesar 1 mm. Artinya, bahwa laser dengan ukuran lapangan $20 \times 20 \text{ mm}^2$ layak digunakan.

Hasil Pengujian Laser pada ukuran lapangan $50 \times 50 \text{ mm}^2$:

Tabel 2. Hasil Pengujian Laser *Fluoroscopy Simulator* Pada Lapangan $50 \times 50 \text{ mm}^2$

Posisi	Set	Ukur	Selisih	Total
X_1	-50	-50	0	-2 mm
X_2	50	49	-1	-2 mm
Y_1	-50	-49	-1	-2 mm
Y_2	50	50	0	-2 mm



Gambar 7. Hasil Pengukuran Laser Pada Lapangan $50 \times 50 \text{ mm}^2$

Berdasarkan pelaksanaan pengujian laser dengan ukuran lapangan $50 \times 50 \text{ mm}^2$ pada *Fluoroscopy Simulator* di RS X, maka diperoleh hasil pengujian pada Tabel 2. Hasil pengujian tersebut memenuhi batas toleransi yang sesuai dengan AAPM 1993 pada Gambar 6. yaitu dengan batas toleransi adalah 2 mm, sedangkan untuk hasil pengujian diperoleh sebesar 1 mm. Artinya, bahwa laser dengan ukuran lapangan $50 \times 50 \text{ mm}^2$ layak digunakan.

Hasil Pengujian Laser pada ukuran lapangan $100 \times 100 \text{ mm}^2$:

Tabel 3. Hasil Pengujian Laser *Fluoroscopy Simulator* Pada Lapangan $100 \times 100 \text{ mm}^2$

Posisi	Set	Ukur	Selisih	Total
--------	-----	------	---------	-------

X_1	-100	-99	-1	- 1 mm
X_2	100	100	0	- 1 mm
Y_1	-100	-100	0	- 1 mm
Y_2	100	100	0	- 1 mm



Gambar 8. Hasil Pengukuran Laser Pada Lapangan $100 \times 100 \text{ mm}^2$

Berdasarkan pelaksanaan pengujian laser dengan ukuran lapangan mm pada *Fluoroscopy Simulator* di RS X, maka diperoleh hasil pengujian pada Tabel 3. Hasil pengujian tersebut memenuhi batas toleransi yang sesuai dengan AAPM 1993 pada Gambar 6. yaitu dengan batas toleransi adalah 2 mm, sedangkan untuk hasil pengujian diperoleh sebesar 1 mm. Artinya, bahwa laser dengan ukuran lapangan $100 \times 100 \text{ mm}^2$ layak digunakan.

Pengujian Kolimator

Tabel 4. Hasil Pengujian Kolimator *Fluoroscopy Simulator*

Posisi	Set	Ukur	Selisih	Total
1	100	30°	30°	Memenuhi
2	100	60°	61°	Memenuhi
3	100	90°	90°	Memenuhi
4	100	180°	180°	memenuhi

TABLE III. QA of simulators.

Frequency	Procedure	Tolerance ^a
Daily	Localizing lasers	2 mm
	Distance indicator (ODI)	2 mm
Monthly	Field size indicator	2 mm
	Gantry/collimator angle indicators	1 deg
	Cross-hair centering	2 mm diameter
	Focal spot-axis indicator	2 mm
	Fluoroscopic image quality	Baseline
	Emergency/collision avoidance	Functional
	Light/radiation field coincidence	2 mm or 1%
	Film processor sensitometry	Baseline
Annual	Mechanical Checks	
	Collimator rotation isocenter	2 mm diameter
	Gantry rotation isocenter	2 mm diameter
	Couch rotation isocenter	2 mm diameter
	Coincidence of collimator, gantry, couch axes and isocenter	2 mm diameter
	Table top sag	2 mm
	Vertical travel of couch	2 mm
	Radiographic Checks	
	Exposure rate	Baseline
	Table top exposure with fluoroscopy	Baseline
	Kvp and mAs calibration	Baseline
	High and low contrast resolution	Baseline

^aThe tolerances mean that the parameter exceeds the tabulated value (e.g., the measured isocenter under gantry rotation exceeds 2 mm diameter).

Gambar 9. QA of Simulator Berdasarkan AAPM 1993

Berdasarkan pelaksanaan pengujian kolimator pada empat posisi atau sudut, diperoleh hasil pada Tabel 4. Pengujian pertama dilakukan pada sudut 30 derajat dan hasil pengukurannya tepat pada 30 derajat, pengujian kedua dilakukan pada sudut 60 derajat dengan hasil pengukuran 61. Hasil tersebut melebihi posisi atau sudut yang diukur tapi masih masuk dalam batas toleransi berdasarkan AAPM 1993 pada Gambar 9. Pengujian ketiga dilakukan pada sudut 90 derajat dan hasil pengujian tersebut tepat atau sesuai dengan pengukurannya yaitu 90 derajat. Pengujian keempat pada sudut 180 derajat, dan hasilnya sesuai dengan pengukurannya yaitu 180 derajat.

Pengujian Rotasi Gantry

Tabel 5. Hasil Pengukuran Rotasi Gantry *Fluoroscopy* Simulator

Posisi	Set	Ukur	Selisih	Total
1	30°	30°	0	Memenuhi
2	45°	45°	0	Memenuhi
3	90°	90°	0	Memenuhi
4	180°	180°	0	Memenuhi
5	270°	270°	0	Memenuhi
6	300°	300°	0	Memenuhi

Hasil pengukuran rotasi gantry yang terlihat pada Tabel 5. menunjukkan bahwa komponen tersebut layak digunakan karena termasuk dalam batas toleransi yang ada pada AAPM 1993.

Pengujian Pergerakan Meja



Gambar 10. Pengukuran Pergerakan Meja

Pergerakan Meja Arah Atas

Tabel 6. Hasil Pengujian Pergerakan Meja Arah Atas

Arah	Set	Ukur	Toleransi
Atas	2 cm	2 cm	Memenuhi
Atas	3 cm	3 cm	Memenuhi
Atas	5 cm	5 cm	Memenuhi
Atas	7 cm	7 cm	Memenuhi
Atas	10 cm	10 cm	Memenuhi

Pergerakan Meja Arah Bawah

Tabel 7. Hasil Pengujian Pergerakan Meja Arah Bawah

Arah	Set	Ukur	Toleransi
Bawah	2 cm	2 cm	Memenuhi
Bawah	3 cm	3 cm	Memenuhi
Bawah	5 cm	5 cm	Memenuhi
Bawah	7 cm	7 cm	Memenuhi
Bawah	10 cm	10 cm	Memenuhi

Pergerakan Meja Arah Kanan

Tabel 8. Hasil Pengujian Pergerakan Meja Arah Kanan

Arah	Set	Ukur	Toleransi
Kanan	2 cm	2 cm	Memenuhi
Kanan	3 cm	3 cm	Memenuhi
Kanan	5 cm	5 cm	Memenuhi

Kanan	7 cm	7 cm	Memenuhi
Kanan	10 cm	10 cm	Memenuhi

Pergerakan Meja Arah Kiri

Tabel 9. Hasil Pengujian Pergerakan Meja Arah Kiri

Arah	Set	Ukur	Toleransi
Kiri	2 cm	2 cm	Memenuhi
Kiri	3 cm	3 cm	Memenuhi
Kiri	5 cm	5 cm	Memenuhi
Kiri	7 cm	7 cm	Memenuhi
Kiri	10 cm	10 cm	Memenuhi

Berdasarkan data acuan dari AAPM 1993 pada Gambar 9 dapat terlihat bahwa hasil pengujian pergerakan meja pada empat arah yaitu arah atas, arah bawah, arah kanan, dan arah kiri masih termasuk dalam batas toleransi. Dimana hasil pengukuran yang diperoleh sesuai dengan apa data awal sebelum pengujian bahkan saat pengujian. Batas toleransi yang ditetapkan oleh AAPM pada pergerakan meja pasien adalah 2 mm, dan tidak ada hasil data pengujian yang menunjukkan bahwa hasil tersebut tidak memenuhi batas toleransi.

SIMPULAN

Penelitian ini menjelaskan prosedur pengujian laser, kolimator, pergerakan meja, dan rotasi gantry pada *Fluoroscopy* Simulator di Instalasi Radioterapi. Menyoroti penelitian penulis di Instalasi Radioterapi, dengan fokus pada pengujian *Quality Assurance* (QA) alat medis *Fluoroscopy* Simulator. Pengujian dilakukan terhadap laser, kolimator, rotasi gantry, dan pergerakan meja. Pengukuran laser pada lapangan $20 \times 20 \text{ mm}^2$, $50 \times 50 \text{ mm}^2$, dan $100 \times 100 \text{ mm}^2$ memenuhi batas toleransi yang terlampir pada AAPM 1993. Pengujian kolimator pada empat posisi mendemonstrasikan konsistensi yang sesuai standar. Hasil pengukuran rotasi gantry pada enam posisi memenuhi batas toleransi AAPM 1993. Pergerakan meja dalam berbagai arah dan ukuran lapangan juga memenuhi standar keselamatan. Dengan demikian, alat medis simulator tersebut dapat diandalkan untuk pelaksanaan perawatan radioterapi, memastikan dosis radiasi yang aman dan efektif bagi pasien.

DAFTAR PUSTAKA

Harun, H. M., Jannah, N., Idawati, I., & Ahmad, Z. F. (2022). Evaluasi Pengobatan

- Radioterapi Pada Pasien Kanker. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 4(3).
- Rahmat, B. (2020). Studi Awal Kontrol Pergerakan Meja Radiologi. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 1-4.
- 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, 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.
- Yunus, B., & Bandu, K. (2019). Efek radiasi sinar-x pada anak-anak. *Makassar Dental Journal*, 8(2).