



Uji Kesesuaian Generator Tabung Sinar-X dan Automatic Exposure Control (AEC) pada Mamografi Digital di RSD Mangusada Badung

Johanes J Silalahi¹, Gusti Ngurah Sutapa², I Nyoman Pranditayana³, I Nengah Sandi⁴, I Gde Antha Kasmawan⁵, Ni Putu Yuni Nurmalsari⁶

^{1,2,4,5,6}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

³Instalasi Radiologi RSAD Mangusada Badung Bali, Indonesia.

Received: 02 December 2023

Revised: 23 July 2024

Accepted: 02 August 2024

Corresponding Author:

Johanes Jordan Silalahi

johanessilalahi08@gmail.com

© 2024 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v8i2.24341>

Abstract: This study focuses on evaluating the quality and performance of the digital mammography system at Mangusada Badung Regional Hospital (RSD) in an effort to prevent and early detect breast cancer. With the prevalence and mortality rate of breast cancer continuing to increase, early detection is important. Digital mammography has an important role in this early detection. This study aims to evaluate the performance of digital mammography at Radiology Installation Mangusada Badung through a series of tests. generator and x-ray tube suitability test and automatic exposure control (AEC). The results showed conformity tests on voltage accuracy (maximum error 0.8%), linearity (CL 0.01), reproducibility (radiation output CV 0.001, peak voltage CV 0.003), emergency timer (stops at 0 mAs), tracking (% patient thickness % exposure index error 7.9%, voltage exposure index error 6%), AEC (voltage CV 0.000, current time CV 0.000), exposure time (large focus t 0.87 seconds, small focus t 1.21 seconds). The test results show that the digital mammography system meets the conformity test criteria in accordance with PERKA BAPETEN no. 2 of 2022. This provides confidence that the device meets the established quality standards. With this fulfillment, it is expected that the accuracy of diagnosis can be improved and the risk of errors in early detection of breast cancer can be reduced. Therefore, the digital mammography system at RSD Mangusada Badung is expected to be.

Keywords: Generator Tabung Sinar-X; Automatic Exposure Control (AEC); Mamografi Digital

Pendahuluan

Kanker payudara merupakan salah satu jenis penyakit yang paling banyak diderita oleh wanita di Indonesia, setelah kanker serviks. Data menunjukkan bahwa kanker payudara merupakan penyebab utama kematian pada wanita, dengan prevalensi dan angka kematian akibat penyakit ini terus meningkat dari tahun ke tahun (Yueniwati dkk, 20017). Masalah kematian akibat kanker secara global juga menjadi perhatian serius, dimana Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa antara tahun 2005-2015, terdapat 84 juta kematian akibat kanker di seluruh dunia. Kanker

payudara menempati urutan kelima sebagai penyebab kematian setelah beberapa jenis kanker lainnya (Safitri dan Yufita, 2017).

Di Indonesia, kanker payudara dan kanker serviks merupakan penyakit yang paling banyak diderita oleh wanita. Kanker payudara memiliki angka kejadian sebesar 26 per 100.000 wanita, diikuti oleh kanker serviks dengan angka 16 per 100.000 wanita. Pada data Sistem Informasi Rumah Sakit SIRS tahun 2007, kanker payudara juga mendominasi peringkat pertama pada pasien rawat inap di seluruh rumah sakit di Indonesia, yaitu mencapai 16,85% (Dasril, 2018).

How to Cite:

Silalahi, J. J., Sutapa, G. N., Pranditayana, I. N., Sandi, I. N., Kasmawan, I. G. A., & Nurmalsari, N. P. Y. (2024). Uji Kesesuaian Generator Tabung Sinar-X dan Automatic Exposure Control (AEC) pada Mamografi Digital di RSD Mangusada Badung. *Kappa Journal*, 8(2), 194-200. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i2.24341>

Deteksi dini merupakan langkah awal yang penting dalam pencegahan kanker payudara, karena diagnosis dini memungkinkan pengobatan yang lebih cepat dan efektif. Dalam hal ini, mamografi menjadi instrumen penting dalam deteksi dini kanker payudara (Safitri dan Yufita, 2017).

Teknologi digital telah merambah dunia medis, termasuk dalam bidang mamografi. Mamografi digital telah menggantikan sistem analog sejak awal tahun 2000-an. Keuntungan utama dari pencitraan digital adalah kemampuan untuk menyesuaikan jendela dan kontras gambar dengan rentang dinamis yang luas. Selain itu, mamografi digital mengurangi kebutuhan pencitraan ulang karena radiasi yang salah, sehingga berpotensi mengurangi paparan radiasi yang tidak perlu bagi pasien. Dalam pencegahan dan deteksi dini kanker payudara, teknologi mamografi digital memberikan akurasi dan kemudahan dalam diagnosis dini (Perry et al, 2008).

Meskipun teknologi mamografi digital memberikan kemajuan dalam deteksi dini kanker payudara, pemeriksaan mamografi juga memiliki tantangan yang dapat mempengaruhi keakuratan diagnosis. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas pemeriksaan mamografi adalah melalui uji kesesuaian. RSD Mangusada Badung merupakan salah satu rumah sakit yang menyediakan pemeriksaan mamografi digital, untuk memastikan kualitas gambar dan dosis radiasi yang aman maka perlu dilakukan uji kesesuaian. Uji Kesesuaian ini wajib dilaksanakan oleh pemegang izin penggunaan pesawat sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensial melalui Lembaga Uji Kesesuaian (BAPETEN, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Juliana dkk, (2017) mengenai uji kesesuaian pada pesawat mammografi menunjukkan bahwa kualitas citra dan informasi dosis pasien masih dalam batas yang direkomendasikan oleh Mammography Quality Standard Art (MQSA) dan American College of Radiology (ACR), dengan menggunakan fantom ACR Model 18-220. Selain itu, hasil Estimasi Mean Glandular Dose (MGD) juga masih memenuhi syarat yang direkomendasikan oleh International Atomic Energy Agency (IAEA) yang diadopsi oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Penelitian yang dilakukan oleh Mutmainah dkk (2022) di ruang instalasi radiologi RS Siloam Makassar meneliti standar nilai Half Value Layer (HVL) filter aluminium pada pesawat mammografi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai HVL untuk semua variasi tegangan tabung sinar-X dari metode yang digunakan masih pada rentang standar toleransi yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Pada penelitian ini dilakukan uji kesesuaian kinerja generator dan tabung sinar-x serta *Automatic Exposure Control* (AEC) pada mamografi digital di

Instalasi Radiologi RSD Mangusada Badung yang merupakan komponen utama pada mamografi digital yang menentukan kualitas citra dan dosis radiasi yang dihasilkan, pengujian dilakukan terhadap beberapa parameter seperti ketepatan tegangan, linieritas keluaran radiasi, reproduksibilitas, kualitas berkas sinar-x, emergency timer, pelacakan, waktu eksposur, dan reproduksibilitas AEC. Kemudian dilakukan analisis terhadap hasil yang diperoleh dengan membandingkan nilai kelulusan uji berdasarkan Peraturan BAPETEN Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan kualitas pemeriksaan mamografi digital di RSD Mangusada sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, dengan harapan dapat meningkatkan akurasi diagnostik dan mengurangi risiko kesalahan (Hastuti dkk, 2009).

Metode

Pengujian dan analisis Generator dan tabung sinar-x serta *Automatic exposure control* (AEC) pesawat mamografi digital di instalasi radiologi RSD Mangusada Badung, pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan uji akurasi dan reproduksibilitas tegangan, linieritas dan reproduksibilitas keluaran radiasi, uji kualitas berkas sinar-x, uji emergency timer, uji pelacakan, dan uji reproduksibilitas AEC. Peralatan yang digunakan antara lain alat mamografi digital amulet inovasi Fujifilm, sensor Detector Raysafe X2 Survey, sensor MAM, phantom PMMA dengan pelindung pb atau apron, filter Al dan phantom ACR.

Uji Akurasi Tegangan

Dalam pengujian Akurasi Tegangan, dilakukan serangkaian langkah sebagai berikut. Pertama, pengukuran akurasi tegangan dilakukan dengan melepaskan filter tambahan pada pesawat sinar-X dan memastikan posisi tabung sinar-X dalam keadaan horizontal menggunakan alat waterpass. Tujuannya adalah agar berkas radiasi tepat tegak lurus terhadap breast support pasien. Selanjutnya, melindungi reseptor citra digital dengan menutup permukaan breast support menggunakan plat timbal (Pb) atau apron.

Detektor MAM ditempatkan secara teliti di pertengahan breast support, dengan sisi aktif detektor berjarak 4 cm dari tepi chest wall dan sejajar dengan tabung sinar-X. Akhirnya, eksposi dilakukan secara manual dengan mengatur faktor eksposi sebesar 10 mAs. Kombinasi target/filter disesuaikan dengan kebutuhan klinis, dan variasi tegangan yang digunakan mencakup 24, 26, 28, 30, dan 32 kVp.

Uji Linearitas Keluaran Radiasi

Metode penelitian yang digunakan untuk menentukan koefisien linieritas keluaran radiasi

melibatkan serangkaian langkah-langkah. Pertama-tama, fantom PMMA dengan ketebalan 4 cm ditempatkan di atas meja permukaan. Selanjutnya, paddle diturunkan ke posisi 45 mm dari atas breast support. Detektor MAM ditempatkan di pertengahan paddle, menghadap tabung sinar-X, dengan jarak 4 cm dari tepi chest wall sesuai dengan tampilan yang terlihat pada Gambar 1. Eksposi dilakukan dengan variasi mAs, yaitu 10, 20, 40, 80, 160, dan 200 mAs. Dosis yang terukur pada dosimeter dicatat selama proses eksperimen. Langkah-langkah ini dirancang untuk menghasilkan data yang diperlukan dalam penentuan koefisien linieritas keluaran radiasi.



Gambar 1. Uji linieritas keluaran radiasi (Anam, 2021)

Uji Reproduksi Tegangan dan Keluaran Radiasi

Metode penelitian dimulai dengan menutup permukaan breast support menggunakan pelindung Pb atau apron untuk melindungi reseptor citra digital. Detektor sensor MAM diletakkan dengan cermat pada breast support, dengan sisi aktifnya berjarak 4 cm dari tepi chest wall dan dalam posisi sejajar menghadap tabung sinar-X. Selanjutnya, eksposi dilakukan sebanyak 5 kali secara manual dengan menggunakan tegangan 80 kVp. Setiap hasil pengukuran direkam dan dicatat untuk analisis lebih lanjut.

Uji Timer Darurat

Metode pengujian timer darurat dimulai dengan meletakkan fantom PMMA setebal 4 cm di atas breast support hingga menutupi reseptor citra. Selanjutnya, plat Pb atau apron diletakkan di atas paddle kompresi. Gaya kompresi yang diberikan adalah sebesar 50 N. Setelah itu, AEC diaktifkan dalam mode standar. Kemudian, eksposi dilakukan, dan nilai waktu (ms) atau arus (mAs) yang terlihat pada panel dicatat ketika eksposi berhenti secara otomatis. Eksposi ini

diulang sebanyak 3 kali untuk memperoleh nilai yang konsisten dan akurat dalam pemeriksaan radiologi.

Uji Penjejukan

Prosedur pengujian penjejukan dimulai dengan meletakkan fantom PMMA di atas breast support hingga menutupi seluruh area dada dan menempel pada breast support. Selanjutnya, plat Al diletakkan pada jarak 4 cm dari sisi chest wall dan 20 cm di atas fantom PMMA. Gaya kompresi sebesar 50 N diberikan pada fantom PMMA. Eksposi dilakukan dengan mode AEC standard dengan tegangan setting 28 kVp dan pemilihan anode/filter sesuai dengan kondisi klinis, yaitu W/Rh. Selama eksposi, nilai kVp, mAs, MGD, anode/filter, dan ketebalan ditampilkan pada monitor dan dicatat.

Uji Reproduksi AEC

Prosedur pengujian reproduksibilitas AEC dimulai dengan meletakkan fantom PMMA berukuran 40 mm pada breast support. Selanjutnya, lakukan eksposi sebanyak 5 kali pada fantom PMMA dengan menggunakan mode AEC auto dan dengan pemilihan anode/filter W/Rh. Setelah dilakukan eksposi sebanyak 5 kali, catat hasil pengukuran nilai kVp dan mAs pada setiap eksposi. Selain itu, catat juga indeks paparan yang dihasilkan pada setiap eksposi, yang dinyatakan dalam mGy.

Uji Waktu Ekposi

Pada pengujian waktu ekposi pertama-tama lakukan eksposi pada fantom dengan ukuran 4 cm menggunakan tegangan setting 28 kVp dan setting mAs manual sebesar 56 mAs untuk fokus kecil, serta 80 mAs untuk fokus besar. Gunakan anode/filter dengan pengaturan W/Rh. Selama eksposi, catat waktu yang terukur oleh detektor. Setelah pengujian selesai, catat juga nilai mAs pada mode AEC.

Hasil dan Pembahasan

Uji Akurasi Tegangan Tabung

Uji akurasi tegangan telah dilakukan untuk melihat kesesuaian antara tegangan yang diatur pada panel kontrol dengan tegangan yang terlihat pada alat ukur, sesuai dengan Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022 persentase kesalahan tidak boleh melebihi 5%. Persentase error merupakan parameter perbandingan antara tegangan setting pada mamografi dengan tegangan terukur pada alat ukur, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji Akurasi Tegangan Tabung

| No | Tegangan Setting (kVp) | Tegangan Terukur (kVp) | Persentase Kesalahan (% error) | Batas Lolos Uji | Lolos Uji (Ya/Tidak) |
|----|------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 24 | 24,20 | 0,8 % | | |
| 2 | 26 | 25,83 | 0,8 % | | |
| 3 | 28 | 27,92 | 0,7 % | ≤ 5% | Ya |
| 4 | 30 | 30,00 | 0,0 % | | |
| 5 | 32 | 32,03 | 0,3 % | | |

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengukuran tegangan masih memenuhi batas lolos uji yang disarankan yakni harus dibawah 5%, dengan persentase kesalahan tertinggi terjadi pada tegangan 24 kVp dan 26 kVp yakni 0,8% dan persentase error terendah terjadi pada tegangan 30 kVp yakni 0%. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan pada pesawat mammografi digital di Instalasi Radiologi RSD Mangusada Badung masih dalam kondisi andal dan layak untuk penggunaan klinis.

Tabel 2 Hasil Uji Linearitas Keluaran Radiasi

| No | mAs Setting | Kerma Terukur | Kerma/mAs | Coeficient of Linearity (CL) | Batas Lolos Uji | Lolos Uji (Ya/Tidak) |
|----|-------------|---------------|-----------|------------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 10 | 0,42 | 0,042 | | | |
| 2 | 20 | 0,85 | 0,042 | | | |
| 3 | 40 | 1,72 | 0,043 | 0,01 | ≤ 10 | Ya |
| 4 | 80 | 3,40 | 0,042 | | | |
| 5 | 160 | 6,77 | 0,042 | | | |

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian pada setiap variasi arus menghasilkan nilai keluaran radiasi yang berbeda. Nilai keluaran radiasi dipengaruhi arus seperti terlihat pada Tabel 2 yang mengindikasikan kenaikan keluaran radiasi sebanding dengan kenaikan arus tabung. Hasil pengujian linearitas keluaran radiasi di Instalasi Radiologi RSD Mangusada Badung masih memenuhi batas lolos uji yang ditetapkan pada Peraturan BAPETEN no 2 tahun 2022 dengan CL harus dibawah 0.1.

Uji Reprodusibilitas Tegangan dan Keluaran Radiasi

Telah dilakukan pengujian terhadap reprodusibilitas tegangan dan keluaran radiasi yang bertujuan memeriksa konsistensi tegangan (kV) dan keluaran radiasi mGy pada beberapa ekposi dalam pengaturan yang tetap, dengan uji reprodusibilitas dinilai dengan menghitung koefisien variasi (CV), yang dimana hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Uji Linearitas Keluaran Radiasi

Uji linearitas keluaran radiasi bertujuan untuk menguji linearitas keluaran radiasi yang dilakukan pada tegangan konstan dan beberapa variasi arus tabung yaitu 10, 20, 40, 80, dan 160 mAs. Linearitas keluaran radiasi dinilai dengan menghitung koefisien linearitas (CL), hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Uji Reprodusibilitas Tegangan dan Keluaran Radiasi

| No | Tegangan Setting (kVp) | Arus Waktu (mAs) | Hasil pengukuran | |
|-------------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| | | | Tegangan Terukur (kVp) | Keluaran radiari (mGy) |
| 1 | | | 27,80 | 3,40 |
| 2 | | | 28,00 | 3,40 |
| 3 | 28 | 80 | 27,90 | 3,39 |
| 4 | | | 27,90 | 3,39 |
| 5 | | | 28,00 | 3,40 |
| Rata-rata | | | 27,92 | 3,40 |
| Standar Deviasi | | | 0,1 | 0,003 |
| Koefisien Variasi (CV) | | | 0,003 | 0,001 |
| Batas Lolos Uji | | | ≤ 0,050 | ≤ 0,050 |
| Lolos Uji (Ya/Tidak) | | | Ya | Ya |

Berdasarkan Tabel 3, secara keseluruhan nilai CV pada tegangan dan keluaran radiasi diperoleh sangat kecil dan berada dibawah batas lolos uji yang ditetapkan pada Peraturan Bapeten no 2 tahun 2022 yang menandakan pesawat mammografi digital di RSD Mangusada Badung dalam kondisi andal karan tegangan dan keluaran radiasi yang dihasilkan stabil.

Uji Timer Darurat

Telah dilakukan pengujian timer darurat yang bertujuan menguji fungsi Automatic Exposure Control (AEC),

khususnya pada timer darurat, pada pesawat mammografi digital di RSD Magusada. Pengujian bertujuan memastikan bahwa pesawat tersebut dapat berhenti radiasi secara paksa saat mencapai ≤ 600 mAs, sesuai PERKA BAPETEN no 2 tahun 2022. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pesawat berhenti pada 0 mAs dalam 2,54 detik, menegaskan kinerja baik indikator timer darurat. Dengan hasil ini, disimpulkan bahwa pesawat beroperasi andal sesuai PERKA BAPETEN no 2 tahun 2022 yang menetapkan penghentian radiasi ≤ 600 mAs dan fungsi baik indikator timer darurat.

Uji Penjejukan

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan untuk menilai kemampuan sistem Automatic Exposure Control (AEC) dalam menjejaki ketebalan

menggunakan variasi fantom, seperti fantom 2 cm, fantom 4 cm PMMA, dan fantom 6 cm. Pengujian ini melibatkan penggunaan sebuah plat Al di atas setiap fantom. Hasil pengujian ketebalan tercatat dalam Tabel 4, menunjukkan error indeks paparan terhadap rerata sebesar 7,9%, masih sesuai dengan batas toleransi $\leq 10\%$ yang ditetapkan oleh BAPETEN nomor 2 tahun 2022. Selanjutnya, uji penjejukan tegangan dilakukan dengan memvariasikan tegangan pada 26, 28, dan 30 kVp, pada ketebalan fantom tetap 4 cm PMMA. Hasil pengujian ini dicatat dalam Tabel 5, dengan error indeks paparan terhadap rerata sebesar 6%, yang juga masih di bawah batas toleransi 15% dari BAPETEN nomor 2 tahun 2022. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sistem AEC berfungsi dengan baik dalam menjaga penjejukan ketebalan dan tegangan.

Tabel 4 Hasil Uji Penjejukan Ketebalan

| No | Ketebalan Fantom | Ketebalan terdisplay (mm) | Indeks Paparan | Rerata Paparan | Indeks | Selisih Indeks paparan dengan rerata |
|--|------------------|---------------------------|----------------|----------------|--------|--------------------------------------|
| 1 | 2 cm PMMA | 21 | 29 | 29,7 | | 2,2% |
| 2 | 4 cm PMMA | 41 | 28 | | | 5,6% |
| 3 | 6 cm PMMA | 61 | 32 | | | 7,9% |
| Selisih maksimum Indeks paparan dengan rerata | | | | | | 7,9 % |
| Batas Lolos Uji | | | | | | $\leq 10\%$ |

Tabel 5 Hasil Uji Penjejukan Tegangan

| No | Tegangan (kVp) | Setting | Ketebalan terdisplay (mm) | Indeks Paparan | Rerata Paparan | Indeks | Selisih Indeks paparan dengan rerata |
|--|----------------|---------|---------------------------|----------------|----------------|--------|--------------------------------------|
| 1 | 26 | | 21 | 29 | 27,7 | | 4,8% |
| 2 | 28 | | 41 | 28 | | | 1,2% |
| 3 | 30 | | 61 | 26 | | | 6,0% |
| Selisih maksimum Indeks paparan dengan rerata | | | | | | | 6,0 % |
| Batas Lolos Uji | | | | | | | $\leq 10\%$ |

Uji Reproduksiabilitas AEC

Pengujian telah dilakukan terhadap reproduksiabilitas tegangan, indeks paparan, dan arus waktu (mAs) dengan mengekspos fantom berukuran 40 mm PMMA sebanyak 5 kali, menggunakan anode/filter W/Rh. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana konsistensi tegangan, indeks paparan, dan arus waktu dapat dipertahankan. Evaluasi dilakukan dengan menghitung standar deviasi dan koefisien variasi (CV) dari tegangan, indeks paparan, dan arus waktu (mAs). Hasil pengujian reproduksiabilitas AEC ditampilkan dalam Tabel 6. Tabel ini menunjukkan nilai reproduksiabilitas tegangan, indeks paparan, dan arus waktu (mAs) pada fantom dengan ketebalan 40 mm. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa nilai koefisien variasi (CV) dari ketiga parameter tersebut tetap di bawah batas toleransi yang ditetapkan oleh BAPETEN nomor 2 tahun 2022, yakni $CV \leq 0,05$. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sistem AEC menunjukkan stabilitas

yang kuat dalam menjaga reproduksiabilitas tegangan, indeks paparan, dan arus waktu (mAs).

Tabel 6. Hasil Uji Reproduksiabilitas AEC

| No | Ekspos | kV | mAs | Indeks paparan |
|-----------------------------|----------|-------------|-------------|----------------|
| 1 | Ekspos 1 | 28,0 | 81,00 | 36,0 |
| 2 | Ekspos 2 | 28,0 | 81,00 | 36,0 |
| 3 | Ekspos 3 | 28,0 | 81,00 | 36,0 |
| 4 | Ekspos 4 | 28,0 | 81,00 | 36,0 |
| 5 | Ekspos 5 | 28,0 | 81,00 | 36,0 |
| Rerata | | 28,0 | 81,00 | 36,0 |
| SD | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CV | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Batas Lolos uji | | $\leq 0,05$ | $\leq 0,05$ | $\leq 0,05$ |
| Lolos Uji (Ya/Tidak) | | Ya | Ya | Ya |

Uji Waktu Eksposi

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian waktu eksposi dalam sistem Automatic Exposure Control (AEC) pada mammografi untuk menilai kesesuaian dengan standar PERKA BAPETEN No. 2 tahun 2022. Pengujian melibatkan eksposi pada fantom PMMA 4 cm dengan fokus besar dan fokus kecil. Hasil pengujian, tercatat dalam Tabel 4.16, menunjukkan waktu terukur setelah eksposi dengan pengaturan kVp dan mAs yang berbeda. Dengan menggunakan anode/filter W/Rh, nilai waktu terukur adalah 1,222 detik untuk fokus kecil

dan 0,855 detik untuk fokus besar, dengan mAs manual masing-masing 0,855 mAs dan 56 mAs. Hasil perhitungan menunjukkan waktu eksposi pada mode fokus kecil sebesar 1,21 detik dan mode fokus besar sebesar 0,87 detik. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa nilai waktu eksposi AEC mematuhi batas uji PERKA BAPETEN No. 2 tahun 2022, yang menetapkan nilai waktu eksposi kurang dari 3 detik untuk mode fokus kecil dan kurang dari 2 detik untuk mode fokus besar.

Tabel 7. Hasil Uji Waktu Eksposi

| No | Fokus | kVp | mAs AEC | Waktu terukur (s) | mAs manual | Waktu eksposi (s) | Batas Lolos Uji |
|----|-------|------|---------|-------------------|------------|-------------------|-----------------|
| 1 | Kecil | 28,0 | 55,5 | 1,222 | 56 | 1,21 | ≤ 3 s |
| 2 | Besar | 28,0 | 81 | 0,855 | 80 | 0,87 | ≤ 2 s |

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian pada pesawat mammografi digital di Instalasi Radiologi RSD Mangusada Badung pada bahwa hasil uji kesesuaian didapatkan hasil uji akurasi tegangan ($\text{error max} = 0,8\%$), linearitas keluaran radiasi ($\text{CL} = 0,01$), reproduksibilitas (keluaran radiasi $\text{CV} = 0,001$, tegangan puncak $\text{CV} = 0,003$), timmer darurat (berhenti pada 0 mAs dengan indikator berfungsi), penjejakan (ketebalan pasien % error indeks paparan = $7,9\%$, tegangan error indeks paparan = 6%), reproduksibilitas AEC (tegangan $\text{CV} = 0,000$, arus waktu $\text{CV} = 0,000$), waktu eksposi (fokus besar $t = 0,87$ s, fokus kecil $t = 1,21$ s). Dari hasil uji kesesuaian yang telah sesuai dengan batas lolos toleransi yang telah ditetapkan dalam PERKA BAPETEN no 2 tahun 2022.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Instalasi Radiologi RSD Mangusada Badung atas kerjasama dan dukungan dalam penelitian ini, kontribusi dan ketersediaan data dari RSD Mangusada Badung sangat berarti bagi kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

Anam, C., 2021. Quality Control 2 QC pada pesawat mammografi, Dalam Choirul Anam. Tersedia di : Quality Control 2: QC PADA PESAWAT MAMMOGRAFI - YouTube [Diakses pada tanggal 15 februari 2023].

Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2018, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensial, Jakarta: BAPETEN.

Dasril, D. N. (2018). Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pesawat Sinar-X Konvensional Merk

Showa Type Tco-1 Di Rsud Sungai Dareh Kab. Dharmasraya. Menara Ilmu, 12(10).

- Hastuti, P., Syafitri, I., dan Susanto, W. (2009). Uji Kesesuaian Sebagai Spesifikasi Penting Dalam Pengawasan Penggunaan Pesawat Sinar-X di Fasilitas Radiologi Diagnostik. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir, 269-277.
- Juliana, I., Abdullah, B., dan Tahir, D., 2017, Uji Kesesuaian Kulaitas Citra dan Informasi Pasien Pada Pesawat Mammografi, Jurnal UNHAS, 1-14.
- Mutmainna, A., Astuty, S, D., Dewang, S, dan Mulyadin., 2022, Uji Kesesuaian Standar Nilai HVL Filter Aluminium Pada Pesawat Sinar-X Mammografi: Sudi Kasus di Ruang Instalasi Radiologi RS. Siloam Makassar, Berkala Fisika, 25 : 17- 25.
- Perry, N., Broeders, M., de Wolf, C., Törnberg, S., Holland, R., & von Karsa, L. (2008). European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. -summary document. *Oncology in Clinical Practice*, 4(2), 74-86.
- Safitri, R., & Yufita, E. (2017). Quality Control X Rays Mammography In The Effort Mitigation Increasing Number Of Cancer Patients. *Jurnal Natural*, 17(1), 45-48.
- Septiyanti, I., Khalif, M. A., & Anwar, E. D. (2020). Analisis Dosis Paparan Radiasi Pada General X-Ray II Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 6(2), 96-102.
- Yueniwati, Y., Yulisa, N. D., & Iskandar, A. (2007). Akurasi Metode Radiokoloid dan Blue Dye dalam Mendeteksi Limfonodi Sentinel pada Kanker

Payudara Stadium Dini. Jurnal Kedokteran
Brawijaya, 23(1), 28-34.