

Quality Control dan Analisis Korelasi Mean Glandular Dose Terhadap Parameter Fisik pada Pesawat Mamografi Di Instalasi Radiologi RSUP Dr. M. Djamil Padang

Tsamiatul Dini Aulia, Dian Milvita*

Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas Kampus Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 12 Januari 2026
Direvisi: 30 Mei 2026
Diterima: 31 Juli 2026

Kata kunci:

Mamografi
Mean Glandular Dose (MGD)
Quality Control (QC)

ABSTRAK

Penelitian tentang *Quality Control* dan analisis korelasi *Mean Glandular Dose* (MGD) terhadap parameter fisik pada pesawat mamografi telah dilakukan di Instalasi Radiologi RSUP Dr. M. Djamil Padang. Penelitian ini penting mengingat payudara termasuk jaringan radiosensitif, pengendalian mutu (*Quality Control/QC*) dan pemantauan dosis radiasi menjadi aspek yang sangat penting untuk menjamin keselamatan pasien serta kualitas citra diagnostik. Tujuan penelitian adalah memastikan generator dan tabung sinar-X serta sistem *Automatic Exposure Control* (AEC) memenuhi Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022 serta bertujuan untuk menganalisis korelasi MGD terhadap parameter fisik meliputi tegangan, arus waktu dan tebal fantom menggunakan analisis korelasi linear. Analisis korelasi linear sederhana digunakan karena MGD memiliki hubungan proporsional dengan tegangan, arus, waktu penyinaran, dan tebal fantom, sehingga memudahkan penilaian arah dan kekuatan hubungannya. Penelitian dilakukan menggunakan pesawat mamografi merek Siemens, *RaySafe X2*, plat Pb dan fantom *polymethylmethacrylate* (PMMA) dengan ketebalan 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, dan 6 cm. Parameter *Quality Control* (QC) yang diuji meliputi akurasi tegangan, reproduksibilitas, linearitas keluaran radiasi, timer darurat, reproduksibilitas AEC, dan waktu eksposi. Hasil penelitian menunjukkan semua parameter QC yang diuji masih memenuhi Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022 dengan kategori andal sehingga aman digunakan bagi pasien. Nilai koefisien korelasi MGD terhadap tegangan, arus waktu, dan tebal fantom masing-masing sebesar 0,9935; 1; 0,986.

Keywords:

Mammography
Mean Glandular Dose (MGD)
Quality Control (QC)

Penulis Korespondensi:

Dian Milvita
Email: dianmilvita@sci.unand.ac.id

Research on Quality Control and correlation analysis of Mean Glandular Dose (MGD) against physical parameters on mammography machines has been conducted at the Radiology Installation of Dr. M. Djamil Padang Hospital. The purpose of the study was to ensure that the generator and X-ray tube as well as the Automatic Exposure Control (AEC) system meet the standards of BAPETEN Regulation No. 2 of 2022 and aims to analyze the correlation of MGD to physical parameters including voltage, current, time and phantom thickness using linear correlation analysis. The study was conducted using a Siemens brand mammography machine, RaySafe X2, Pb plate and polymethylmethacrylate (PMMA) phantom with a thickness of 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, and 6 cm. The Quality Control (QC) parameters tested included voltage accuracy, reproducibility, radiation output linearity, emergency timer, AEC reproducibility, and exposure time. The results of the study showed that all QC parameters tested still met the standards set by BAPETEN Regulation No. 2 of 2022 with a reliable category so that it is safe for patients to use. The correlation of MGD to voltage shows a very strong and positive relationship. The correlation of MGD to time current shows a perfect and positive relationship. The correlation of MGD to phantom thickness shows a very strong but negative relationship.

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kanker payudara merupakan penyakit yang paling banyak didiagnosis pada wanita di seluruh dunia, dengan 2,29 juta kasus baru pada tahun 2022 (GLOBOCAN, 2022). Salah satu upaya untuk mengurangi angka kejadian tersebut, dapat dilakukan melalui skrining payudara guna mendeteksi kanker pada tahap awal. Skrining dapat dilakukan dengan mamografi, alat sinar-X berenergi rendah yang dirancang khusus untuk payudara (BAPETEN, 2019). Pesawat sinar-X mamografi menggunakan energi rendah yaitu di bawah 35 keV (Bushberg et al., 2012). Meskipun beroperasi pada tegangan rendah, penyimpangan kecil dalam paparan dapat meningkatkan dosis radiasi yang berbahaya bagi pasien, sehingga perlu dilakukan uji kinerja rutin agar mamografi andal dan aman.

Berdasarkan Peraturan BAPETEN No.2 Tahun 2022, uji kesesuaian wajib dilakukan pada pesawat mamografi yang baru, pesawat mamografi yang mengalami perubahan spesifikasi teknis dikarenakan perbaikan dan pesawat mamografi yang masa berlaku sertifikat uji kesesuaian telah berakhir (BAPETEN, 2022). Selama sertifikat uji kesesuaian masih berlaku, perlu dilakukan *Quality Control* (QC). QC adalah kegiatan yang dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan dan prosedur radiologi berfungsi dengan baik dan menghasilkan gambar yang berkualitas (Hendrick et al., 2004). QC meliputi pengujian terhadap tabung kolimasi, tabung pesawat sinar-X, generator pesawat sinar-X, dan pengendalian paparan otomatis atau *Automatic Exposure Control* (AEC) (Kemenkes, 2009). Fisikawan medis bertanggung jawab atas pengujian tahunan, sementara radiografer melaksanakan pengujian harian dan mingguan untuk memastikan konsistensi hasil (*American College of Radiology*, 2018). Selain mutu peralatan, pemahaman mengenai korelasi *Mean Glandular Dose* (MGD) dengan beberapa parameter fisik merupakan aspek penting yang perlu dipahami. Parameter-parameter tersebut sangat mempengaruhi besarnya dosis radiasi yang diterima oleh pasien selama pemeriksaan mamografi.

Selvan et al. (2017) mengevaluasi dan meningkatkan praktik QA pada 8 unit mamografi di wilayah India Selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masih ada hasil pengukuran yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh *Association of Physicists in Medicine* (AAPM) sebesar $\pm 5\%$. Sari et al. (2022) mengukur parameter uji terkait keluaran radiasi pada mamografi dengan kombinasi target filter Mo/Mo dan Mo/Rh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mamografi berada dalam kondisi baik, karena keluaran radiasi kedua target filter masih di bawah batas Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2018 sebesar $\leq 5\%$. Silalahi et al. (2024) juga telah melakukan evaluasi kinerja mamografi digital di Instalasi Radiologi RSD Mangusada Bandung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mamografi digital memenuhi kriteria uji kesesuaian sesuai dengan Peraturan BAPETEN No. 2 tahun 2022.

Alahmad et al. (2023) menentukan MGD dari pandangan craniocaudal (CC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antara usia dengan MGD, CBT, kVp, sedangkan waktu paparan menunjukkan korelasi sedang dengan MGD, sementara mA menunjukkan korelasi terkuat dengan MGD. Rauf et al. (2020) juga telah mengevaluasi pengaruh variasi nilai tegangan tabung, nilai arus waktu, dan tebal fantom *polymethylmethacrylate* (PMMA) terhadap nilai MGD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MGD meningkat seiring bertambahnya tegangan tabung, arus waktu dan tebal fantom.

II. METODE

Quality Control (QC)

2.1.1 Uji Akurasi Tegangan

Uji akurasi tegangan dilakukan pada arus waktu konstan yaitu 56 mAs dan variasi tegangan klinis yaitu pada tegangan 24 kV, 26 kV, 28 kV, 30 kV, dan 32 kV. Nilai tegangan yang ditampilkan pada monitor raysafe X2 dicatat. Data yang telah didapatkan pada saat penyinaran diolah menggunakan Persamaan 1.

$$e = \left| \frac{kV_{p(set)} - kV_{p(ukur)}}{kV_{p(set)}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

dimana e merupakan persentase error, $kV_{p(set)}$ adalah tegangan panel control, dan $kV_{p(ukur)}$ adalah tegangan yang terukur.

2.1.2 Uji Reprodusibilitas

Uji reproduksibilitas dilakukan pada tegangan dan arus waktu konstan yaitu 28 kV dan 100 mAs. Nilai paparan, tegangan dan waktu yang ditampilkan pada monitor raysafe X2 dicatat. Data yang telah didapatkan pada saat penyinaran diolah menggunakan Persamaan 2.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2)$$

dimana CV merupakan *Coefficient of Variation*, S adalah standar deviasi dan $\bar{X}$ adalah nilai rata-rata hasil pengukuran.

2.1.3 Uji Linearitas Keluaran Radiasi

Uji linearitas keluaran radiasi dilakukan pada tegangan konstan yaitu 28 kV dan variasi arus waktu 10, 25, 50, 100 dan 160 mAs. Nilai paparan yang ditampilkan pada monitor raysafe X2 dicatat. Data yang telah didapatkan pada saat penyinaran diolah menggunakan Persamaan 3.

$$CL = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X_{\max} + X_{\min}} \quad (3)$$

dimana CL merupakan *Coefficient of Linearity*, $X_{\max}$ adalah paparan dosis radiasi maksimum, dan $X_{\min}$ adalah paparan dosis radiasi minimum.

2.1.4 Uji Timer Darurat

Uji timer darurat dilakukan menggunakan fantom PMMA dengan ketebalan 4 cm yang merupakan ketebalan fantom standar untuk QC berdasarkan Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022. Nilai waktu dan arus yang ditampilkan pada komputer dicatat ketika penyinaran berhenti secara otomatis.

2.1.5 Uji Reprodusibilitas AEC

Uji reproduksibilitas AEC dilakukan menggunakan fantom PMMA dengan ketebalan 4 cm yang merupakan ketebalan fantom standar untuk QC berdasarkan Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022. Penyinaran dilakukan sebanyak 5 kali menggunakan mode AEC. Nilai paparan, tegangan dan waktu yang ditampilkan pada monitor raysafe X2 dicatat. Data yang telah didapatkan pada saat penyinaran diolah menggunakan Persamaan 2.

2.1.6 Uji Waktu Eksposi

Uji waktu eksposi dilakukan menggunakan fantom PMMA dengan ketebalan 4 cm setting arus waktu manual sebesar 56 mAs. Nilai arus waktu yang dipilih mengacu pada nilai klinis yang digunakan di rumah sakit, sedangkan ketebalan fantom standar untuk QC berdasarkan Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022. Nilai waktu dan mAs yang ditampilkan pada monitor raysafe X2 dan komputer dicatat.

Korelasi MGD terhadap parameter fisik.

2.1.7 Korelasi MGD terhadap tegangan

Pengukuran dilakukan dengan variasi tegangan 24 kV, 26 kV, 28 kV, 30 kV, dan 32 kV pada arus waktu 10 mAs dan tebal fantom 4 cm. Nilai MGD yang ditampilkan pada monitor komputer dicatat.

2.1.8 Korelasi MGD terhadap arus waktu

Pengukuran dilakukan dengan variasi arus waktu 10 mAs, 25 mAs, 50 mAs, 100 mAs, dan 160 mAs pada tegangan 28 kV dan tebal fantom 4 cm. Nilai MGD yang ditampilkan pada monitor komputer dicatat.

2.2.3 Korelasi MGD terhadap tebal fantom.

Pengukuran dilakukan pada variasi ketebalan fantom 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, dan 6 cm menggunakan tegangan 28 kV dan arus waktu 10 mAs. Variasi pada ketebalan fantom dilakukan karena ketebalan payudara setiap pasien berbeda. Nilai MGD yang ditampilkan pada monitor komputer dicatat. Data yang didapatkan untuk korelasi MGD dengan tegangan, arus waktu, dan tebal fantom kemudian di

plot dalam bentuk grafik menggunakan *microsoft excel*. Korelasi MGD terhadap parameter fisik dianalisis menggunakan korelasi linear sederhana.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Ke Quality Control (QC)

3.1.1 Uji Akurasi Tegangan

Hasil uji akurasi tegangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji akurasi tegangan

Kondisi Penyinaran		Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan	
Tegangan setting (kV)	Arus waktu setting (mAs)	Tegangan terukur (kV)	% error	Batas lolos uji	Lolos uji (Ya/Tidak)
24	56	24,6	2,5	≤ 5%	Ya
26		26,4	1,5		Ya
28		28,7	2,5		Ya
30		30,7	2,3		Ya
32		32,7	2,8		Ya

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa uji akurasi tegangan pada pesawat sinar-X mamografi untuk semua tegangan *setting* masih berada di bawah nilai lolos uji yang diperkenankan oleh Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari et al. (2022). Hasil ini berarti bahwa nilai tegangan yang terukur masih mendekati nilai tegangan yang diatur pada panel kontrol. Rendahnya % error pesawat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kalibrasi yang tepat, kualitas komponen mesin, dan prosedur pengujian yang sesuai.

3.1.2 Uji Reproduksiabilitas

Hasil uji reproduksiabilitas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil uji reproduksiabilitas

Penyinaran ke-	Paparan (mGy)	Tegangan (kV)	Waktu (ms)	Batas lolos uji
1	2,971	28,8	703,6	≤ 0,05
2	2,975	28,9	703,7	
3	2,976	28,8	698,6	
4	2,972	28,9	699,6	
5	2,974	28,8	698,7	
Rata-rata	2,9736	28,84	700,84	
Standar Deviasi (SD)	0,002074	0,054772	2,594802	
<i>Coefficient of variation</i> (CV)	0,000697	0,001899	0,003702	
Lolos uji (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai CV pada uji reproduksiabilitas pesawat mamografi merek Siemens di Instalasi Radiologi RSUP Dr. M. Djamil masih di bawah toleransi 5%. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Silalahi et al. (2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa pesawat mamografi masih dalam keadaan baik untuk melakukan pengulangan sehingga keluaran paparan, tegangan, dan waktu penyinaran dari pesawat tersebut masih konstan.

3.1.3 Uji Linearitas Keluaran Radiasi

Hasil uji linearitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji linearitas keluaran radiasi

Arus waktu (mAs)	Paparan (mGy)	Paparan/ arus waktu (mGy/mAs)	CL	Batas lolos uji	Lolos uji (Ya/Tidak)
10	0,2978	0,02978	0,008466	$\leq 0,1$	Ya
25	0,732	0,02928			
50	1,464	0,02928			
100	2,969	0,02969			
160	4,761	0,029756			
$X_{\max}$		0,02978			
$X_{\min}$		0,02928			

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa nilai CL yaitu 0,008466. Nilai tersebut berada di bawah batas toleransi yang diperkenankan oleh BAPETEN yaitu $\leq 0,1$. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Silalahi et al. (2024). Hal tersebut penting untuk memastikan dosis radiasi yang akurat dalam penggunaan klinis.

3.1.4 Uji Timer Darurat

Hasil uji timer darurat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil uji timer darurat

Arus terukur (mAs)	Batas lolos uji	Lolos uji (Ya/Tidak)
72,3	≤ 600 mAs	Ya

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai arus yang terukur sebesar 72,3 mA berada di bawah batas lolos uji yang ditetapkan BAPETEN, yaitu ≤ 600 mAs. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem timer darurat pada perangkat mamografi berfungsi dengan baik dalam mengatur arus listrik pada situasi darurat. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Silalahi et al. (2024). Keberhasilan pengendalian arus melalui timer darurat memegang peran penting dalam menjaga keselamatan operasional.

3.1.5 Uji Reproduksiabilitas AEC

Hasil pengujian reproduksiabilitas AEC dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil uji reproduksiabilitas AEC

Pengulangan penyinaran	Paparan (mGy)	Tegangan (kV)	Waktu (ms)	Batas lolos uji
1	2,7	28	73	$\leq 0,05$
2	2,7	28	73,4	
3	2,6	28	73,2	
4	2,6	28	73	
5	2,6	28	73	
Rata-rata	2,6	28	73,12	
Standar Deviasi (SD)	0,054772	0	0,178885	
<i>Coefficient of variation</i> (CV)	0,020747	0	0,002446	
Lolos uji (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	

Tabel 5 menunjukkan bahwa sistem *Automatic Exposure Control* (AEC) perangkat radiografi memiliki tingkat reproduksiabilitas yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata paparan sebesar 2,6-2,7 mGy dengan standar deviasi (SD) 0,054772 dan *coefficient of variation* (CV) sebesar 0,020747. Nilai CV ini berada jauh di bawah batas toleransi yang ditetapkan, yaitu tidak boleh lebih dari 0,05. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Silalahi et al. (2024).

3.1.6 Uji Waktu Eksposi

Hasil uji waktu eksposi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil uji waktu eksposi

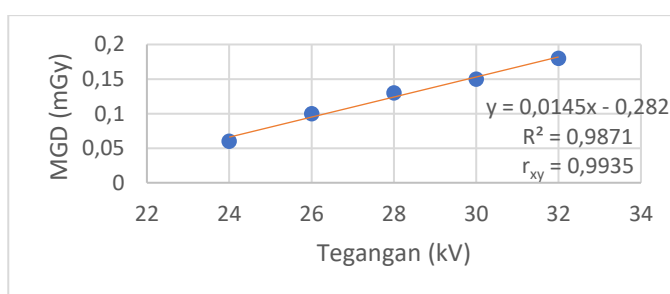
Tegangan AEC (kV)	Arus AEC (mAs)	Waktu terukur (ms)	Arus manual (mA)	Waktu eksposi (ms)	Batas lolos uji	Lolos uji (Ya/Tidak)
28	180,3	1.227	180	1.286	$t \leq 2 \text{ s}$	Ya

Berdasarkan Tabel 6 pengujian waktu eksposi pada perangkat mamografi membuktikan bahwa alat ini berfungsi dengan optimal dan sesuai dengan standar yang berlaku. Nilai arus yang tercatat, yakni 180,3 mAs untuk AEC dan 180 mA untuk pengaturan manual, menunjukkan konsistensi perangkat dalam mengatur dosis radiasi sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Selain itu, waktu eksposi yang diukur sebesar 1.286 ms berada jauh di bawah batas toleransi maksimum sebesar 2 s (2.000). Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Silalahi et al. (2024)..

3.2 Analisis Komparatif

3.2.1 Korelasi MGD terhadap Tegangan

Korelasi MGD terhadap tegangan dapat dilihat pada Gambar 1.

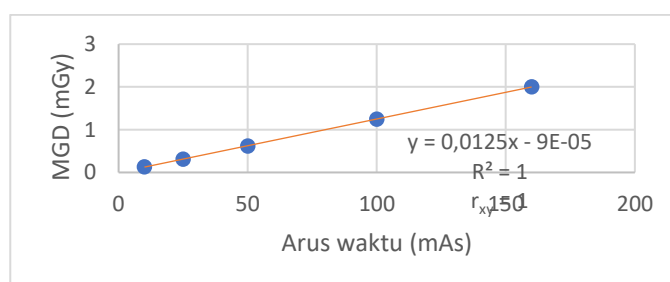


Gambar 1 Grafik korelasi MGD terhadap tegangan

Berdasarkan Gambar 1 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9871 dan koefisien korelasi (r_{xy}) sebesar 0,9935. Nilai koefisien korelasi yang didapat menunjukkan bahwa hubungan korelasi MGD terhadap tegangan adalah sangat kuat. Menurut Wahyuning, (2021) dan Paiman, (2019) korelasi yang sangat kuat dan bersifat positif berarti hampir seluruh sebaran data berserakan atau berhamburan mendekati kurva linier dan bergerak dari kiri bawah ke kanan atas, serta nilai koefisien korelasi mendekati +1.

3.2.2 Korelasi MGD terhadap Arus waktu

Korelasi MGD terhadap arus waktu dapat dilihat pada Gambar 2.

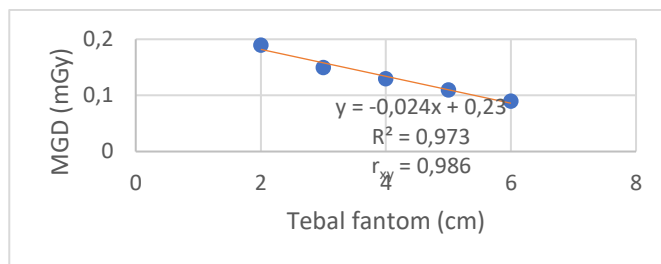


Gambar 2 Grafik korelasi MGD terhadap arus waktu

Berdasarkan Gambar 2 untuk korelasi MGD terhadap arus waktu didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 1 dan koefisien korelasi (r_{xy}) sebesar 1. Nilai koefisien korelasi yang didapat menunjukkan bahwa hubungan korelasi MGD terhadap arus waktu adalah sempurna. Menurut Wahyuning, (2021) dan Paiman, (2019) korelasi yang sempurna dan bersifat positif berarti seluruh sebaran data berserakan atau berhamburan disepanjang kurva linier dan bergerak dari kiri bawah ke kanan atas, serta nilai koefisien korelasi mendekati +1.

3.2.3 Korelasi MGD terhadap Tebal Fantom

Korelasi MGD terhadap tebal fantom dapat dilihat pada Gambar 3 .



Gambar 3 Grafik korelasi MGD terhadap tebal fantom

Berdasarkan Gambar 3 untuk korelasi MGD terhadap tebal fantom didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,973 dan koefisien korelasi (r_{xy}) sebesar 0,986. Menurut Wahyuning, (2021) dan Paiman, (2019) korelasi yang sangat kuat dan bersifat negatif berarti hampir seluruh sebaran data berserakan atau berhamburan mendekati kurva linier dan bergerak dari kiri atas ke kanan bawah, serta nilai koefisien korelasi mendekati -1.

IV. KESIMPULAN

Generator dan tabung sinar-X serta sistem AEC pada pesawat mamografi merek siemens di instalasi radiologi RSUP Dr. M. Djamil Padang masih memenuhi Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2022 dengan kriteria andal sehingga aman digunakan bagi pasien. Nilai koefisien korelasi MGD terhadap tegangan, arus waktu, dan tebal fantom masing-masing sebesar 0,9935; 1; 0,986.

DAFTAR PUSTAKA

- Alahmad, H., AlEnazi, K., Alshahrani, A., Alreshaid, G.R., Albariqi, S., Alnafea, M., 2023, Evaluation of mean glandular dose from mammography screening: A single-center study, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, Vol. 16, Hal. 1–5, DOI: 10.1016/j.jrras.2023.100749.
- American College of Radiology, 2018, Digital mammography: Quality Control Manual 2D and Digital Breast Tomosynthesis, *American College of Radiology*.
- BAPETEN, 2019, *Panduan Perizinan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*, Jakarta.
- BAPETEN, 2022, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar X Radiologi, Diagnostik dan Intervensional, <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-badan-no-2-tahun-2022> (diakses 16-Maret-2025).
- Bushberg, J.T., Seibert, J. anthony, Leidholtd, E.M., Boone, J.M., 2012, *The Essential Physics of Medical Imaging*, Edisi Third, Radiology, Lippincott Williams dan Wilkins, Philadelphia.
- Du, X., Yu, N., Zhang, Y., Wang, J., 2017, The relationship of the mean glandular dose with compressed breast thickness in mammography, *Journal of Public Health and Emergency*, Vol. 1, Hal. 32–32, DOI: 10.21037/jphe.2017.03.10.
- GLOBOCAN, 2022, International Agency for Research on Cancer: Indonesia. <https://gco.iarc.who.int/media/globocan> (diakses 13-Maret-2025).
- Hendrick, R.E., Bassett, L., Margaret, A., Botsco, R.T., Deibel, D., Feig, S.J., Gray, A., Haus, R., Heinlein, R.T., Kitts, E.L., John, B., Monsees, P., Wilcox, M.B.A., Member, A.S., Butler, P.F., Zininger, M.N., 2004, *Quality Control in Mammography*, ACR, Virginia.
- Kemenkes, 2009, KMK No 1250 Tahun 2009 tentang Kendali Mutu Radiodiagnostik.pdf.
- Paiman, 2019, *Teknik Analisis Korelasi dan Regresi Ilmu-Ilmu Pertanian*, UPY Press, Yogyakarta.
- Paiman, 2019, *Teknik Analisis Korelasi dan Regresi Ilmu-Ilmu Pertanian*, UPY Press, Yogyakarta.
- Rauf, R.A., Dewi Astuty, S., Dewang, S., Mulyadin, D., Kalibrasi, D., Pengamanan Fasilitas Kesehatan, B., Selatan, S., 2020, Pengaruh Faktor Eksposi Dan Tebal Fantom Terhadap Mean Glandular Dose (Mgd) Pada Pesawat Sinar-X Mamografi, *Berkala Fisika*, Vol. 23, Hal. 83–90.
- Sari, F.R., Astuty, S.D., Dewang, S., Hikmawati, 2022, Analisis Keluaran Radiasi Dan Mean Glandular Dose Kombinasi Target / Filter Pesawat, *Berkala Fisika*, Vol. 25, Hal. 80–88.

- Selvan, C., Sureka, C., 2017, Quality assurance and average glandular dose measurement in mammography units, *Journal of Medical Physics*, Vol. 42, Hal. 181–190, DOI: 10.4103/jmp.JMP_69_16.
- Silalahi, J.J., Sutapa, G.N., Pranditayana, I.N., Sandi, I.N., Antha, I.G., Putu, N., Nurmalasari, Y., 2024, Uji Kesesuaian Generator Tabung Sinar-X dan Automatic Exposure Control (AEC) pada Mamografi Digital di RSD Mangusada Badung, *kappa Journal*, Vol. 8, Hal. 194–200.
- Wahyuning, S., 2021, Dasa-Dasar Statistik, Yayasan Prima Agus Teknik, Semarang.