

ANALISIS KELUARAN RADIASI DAN MEAN GLANDULAR DOSE BERDASARKAN KOMBINASI TARGET/FILTER PESAWAT MAMMOGRAFI DI RSUD SYEKH YUSUF GOWA

Fenny Rahmah Sari¹, Sri Dewi Astuty^{2*}, Syamsir Dewang², Hikmawati³

¹Mahasiswa Program Sarjana, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia

²Laboratorium Fisika Medik dan Biofisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia

³Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Syekh Yusuf Gowa, Indonesia

*Email: dewiastuti@fmipa.unhas.ac.id

Received: 12 Mei 2022; revised: 12 Juli 2022; accepted: 15 Juli 2022

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisis keluaran radiasi pada dua kombinasi target/ filter pesawat mammografi di Instalasi Radiologi RSUD Syekh Yusuf Gowa menggunakan detektor multimeter sinar-X Radcal. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur parameter-parameter uji yang berkaitan dengan keluaran radiasi dari pesawat mammografi pada kombinasi target filter Mo/Mo dan Mo/Rh, kemudian menganalisis hasil yang didapatkan dengan membandingkan nilai lolos uji berdasarkan Perka BAPETEN No. 2 Tahun 2018. Parameter yang diuji terdiri atas akurasi tegangan, reproduksibilitas, linearitas keluaran radiasi, dan mean glandular dose. Hasil yang didapatkan yaitu persentase error maksimal untuk uji akurasi tegangan sebesar 3,9% pada mode Mo/Mo dan 4,4% pada mode Mo/Rh, uji linearitas keluaran radiasi dengan nilai CL sebesar 0,029 pada mode Mo/Mo dan 0,025 pada mode Mo/Rh, uji reproduksibilitas tegangan dengan nilai CV sebesar 0,0002 pada mode Mo/Mo dan Mo/Rh, uji reproduksibilitas keluaran radiasi dengan nilai CV sebesar 0,008 pada mode Mo/Mo dan Mo/Rh, uji mean glandular dose dengan nilai dosis maksimal diperoleh 2,176 mGy pada mode Mo/Mo dan 2,011 mGy pada mode Mo/Rh. Berdasarkan hasil yang diperoleh, keluaran radiasi pada dua target/filter pesawat Mammografi di Instalasi Radiologi RSUD Syekh Yusuf Gowa dalam kondisi baik karena masih berada di bawah batas lolos uji yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Kata Kunci: Mammografi, MGD, Target/filter, Uji Kesesuaian

PENDAHULUAN

Kanker payudara termasuk kanker yang paling banyak didiagnosis pada wanita di seluruh dunia. Berdasarkan data *International Agency for Research Cancer* (IARC) pada tahun 2020, terdapat 2,3 juta wanita yang terdiagnosis kanker payudara dan 685.000 kematian secara global. Bahkan menurut data *Global Cancer Observatory* tahun 2020 dari *World Health Organization*, kanker payudara menempati urutan pertama sebagai kasus kanker yang

paling banyak terjadi di Indonesia dengan jumlah kasus sebanyak 65.858 kasus atau 16,6% dari total kasus penyakit kanker lainnya [1]. Salah satu langkah efektif yang dapat dilakukan untuk mengetahui lebih awal timbulnya kanker payudara dengan melakukan deteksi dini pada payudara dengan menggunakan pesawat mammografi.

Pesawat mammografi ini biasanya menggunakan input tegangan tabung yang rendah yaitu pada rentang 25-35 kVp [2].

Meskipun unit mammografi beroperasi pada rentang yang rendah bila dibandingkan dengan unit radiologi lainnya, akan tetapi sedikit penyimpangan pada faktor paparannya dapat menyebabkan keluaran radiasi dan pemberian dosis menjadi lebih tinggi sehingga dapat merugikan. Hal ini karena payudara adalah jaringan yang lunak dan tipis dan merupakan salah satu organ tubuh yang paling radiosensitif sehingga monitoring faktor paparan/keluaran dan dosis radiasi harus sangat diperhatikan dan diwajibkan untuk dilakukan setiap tahun oleh *International Atomic Energy Agency* (IAEA) [3]. Besarnya keluaran radiasi dari pesawat mammografi dipengaruhi oleh tegangan, arus waktu dan penggunaan kombinasi target/filter yang digunakan serta berkaitan langsung dengan dosis radiasi yang akan diserap pasien sehingga perlu dilakukan monitoring dengan menguji beberapa parameter uji kesesuaian pesawat sinar-X mammografi yang berkaitan dengan keluaran radiasi dan dosis pasien [4].

Berdasarkan pada Peraturan Kepala Bapeten No.2 Tahun 2022 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional telah mengatur pelaksanaan program uji kesesuaian untuk peralatan radiologi khususnya pesawat sinar-X mammografi meliputi kolimasi berkas sinar-X, generator dan tabung sinar-X, kendali paparan otomatis, kualitas citra dan informasi dosis pasien. Generator dan tabung sebagai elemen utama yang menentukan keluaran radiasi berpengaruh langsung pada kualitas dan kuantitas radiasi yang diproduksi dan berdampak pada kualitas gambar dan dosis radiasi yang diterima pasien. Ketidak-konsistenan nilai keluaran radiasi dari generator dapat diketahui melalui pengukuran parameter paparan antara lain akurasi tegangan, linearitas keluaran radiasi dan reproduksibilitas [5].

Beberapa penelitian terkait yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini antara lain telah dilaporkan oleh Caroline,

dkk (2016) yang melakukan uji kesesuaian pada dua pesawat sinar-X mamografi meliputi tentang uji akurasi tegangan, reproduksibilitas, serta penilaian mean glandular dose (MGD) pada pasien yang menjalani pemeriksaan mamografi. Dari hasil uji kesesuaian tersebut menunjukkan bahwa akurasi tegangan untuk mammografi A adalah 4,6% dan B memiliki akurasi tegangan 0,30%, yang berada dalam kisaran yang dapat diterima yaitu $\pm 5\%$. Kedua mamografi mencatat reproduksibilitas masing-masing sebesar 1,71%, dan 0,30%, yang juga berada dalam kisaran normal 2%. Mammografi A mencatat reproduksibilitas keluaran 0,20% dan linearitas $-0,20 \mu\text{Gy/mAs}$, sedangkan mammografi B masing-masing adalah 0,30% dan $0,22 \mu\text{Gy/mAs}$. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dua pesawat mammografi yang diuji masih dalam kondisi baik karena nilai yang diperoleh dari setiap pengujian masih berada di bawah standar yang ditetapkan oleh IAEA [3]. Selain itu, Rini (2017) melakukan uji kesesuaian pesawat sinar-X mamografi dalam upaya mitigasi peningkatan jumlah pasien kanker. Pada penelitian ini, diperoleh bahwa kestabilan hasil keluaran radiasi pada mode Mo/Mo mencapai 69% dan masih memenuhi standar [6].

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan dilakukan analisis keluaran radiasi pesawat mammografi dengan melakukan uji kesesuaian pada beberapa parameter diantaranya uji akurasi tegangan, uji linearitas keluaran radiasi, dan uji reproduksibilitas serta penentuan nilai *Mean Glandular Dose* (MGD) yang diuji dengan menggunakan dua kombinasi target-filter yang berbeda yaitu Mo/Mo dan Mo/Rh. Hasil analisis keluaran radiasi dan nilai MGD yang diperoleh menjadi referensi pada pemeriksaan mamografi sebagai informasi kelayakan alat dan besarnya dosis yang akan diterima pasien berdasarkan kombinasi target/filter yang digunakan.

BAHAN DAN METODE

Pengukuran dan analisis keluaran radiasi pesawat mammografi pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan uji akurasi tegangan, reproduksibilitas, linearitas keluaran radiasi, dan mean glandular dose pada kombinasi target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh. Alat yang digunakan meliputi pesawat sinar-X mammografi, detektor AGMS-DM+ *solid state* sensor, multimeter sinar-X Radcal, penggaris, dan fantom ACR Mammografi. Nilai besaran yang terukur oleh detektor akan ditampilkan pada layar multimeter sinar-X Radcal.

Uji Akurasi Tegangan

Uji akurasi tegangan dilakukan dengan memastikan tabung sinar-X dalam posisi horizontal agar berkas radiasi dapat jatuh tegak lurus terhadap meja pasien kemudian meletakkan detector pada meja pasien dengan jarak 4 cm dari tepi chest wall. Pengukuran dilakukan pada arus dan waktu penyinaran konstan pada beberapa variasi tegangan tabung klinis 25, 27, 29, 31 dan 33 kVp dengan menggunakan dua kombinasi target/filter yaitu Mo/Mo dan Mo/Rh. Persentase *error* penyimpangan akurasi tegangan dihitung menggunakan persamaan (1).

$$error = \frac{kV_{p,set} - kV_{p,ukur}}{kV_{p,set}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan $kV_{p,ukur}$ adalah tegangan tabung sinar-X yang terukur dan $kV_{p,set}$ adalah tegangan yang diatur pada kontrol panel.

Reproduksibilitas

Uji reproduksibilitas dilakukan untuk memeriksa konsistensi tegangan (kV) dan keluaran radiasi pada beberapa eksposi dalam pengaturan yang tetap. Pengukuran dilakukan menggunakan eksposi konstan sebanyak lima kali penyinaran menggunakan pada masing-masing kombinasi target filter yang digunakan yaitu Mo/Mo dan Mo/Rh. Reproduksibilitas

dinilai dengan menghitung koefisien variasi menggunakan persamaan (2).

$$CV = \frac{S}{X} = \frac{1}{X} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

dengan CV adalah *Coefficient of Variation*, S adalah standar deviasi dan X adalah nilai rata-rata hasil pengukuran.

Uji Linearitas Keluaran Radiasi

Linearitas keluaran radiasi dilakukan dengan meletakkan phantom 4,5 cm di atas meja pasien. Detektor ditempatkan di atas pedal kompresi dengan jarak 4 cm dari tepi dinding dada. Penyinaran dilakukan pada tegangan konstan dan beberapa variasi arus tabung klinis yaitu 10, 50, 100, 160 dan 200 mAs dengan menggunakan dua kombinasi target filter yaitu Mo/Mo dan Mo/Rh. Linearitas keluaran radiasi dinilai dengan menghitung koefisien linearitas (CL- *Coefficient of Linearity*) menggunakan persamaan (3).

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

dengan CL adalah koefisien linearitas, X_{max} adalah paparan dosis radiasi maksimum, dan X_{min} adalah paparan dosis radiasi minimum

Mean Glandular Dose

Variasi tegangan tabung yang dipilih adalah 25, 27, 29, 31, dan 33 kV dengan besar arus sewaktu-waktu yang diperoleh pada mode AEC. Kombinasi target dan filter yang digunakan ada dua yaitu Mo/Mo dan Mo/Rh. Pada tahap awal dilakukan pengukuran kerma udara sebagai dasar perhitungan nilai MGD dengan memilih kesesuaian nilai *half-value layer* (HVL) untuk setiap nilai tegangan tabung yang diatur. Kerma udara diperoleh dari pengukuran menggunakan detektor multimeter X-ray yang ditempatkan sesuai dengan tinggi fantom saat penyinaran. Perhitungan nilai MGD dilakukan dengan

menggunakan persamaan (4) yang merujuk pada Technical Report Series IAEA No. 457.

$$MGD = K_i \cdot C_{DG50.Ki} \cdot s \quad (4)$$

dengan K_i adalah kerma udara, $C_{DG50.Ki}$ adalah faktor konversi untuk payudara dengan 50% glandularitas yang disimulasikan dengan 45 mm Fantom ACR dan s adalah faktor koreksi spektrum sinar-X berdasarkan kombinasi filter/target yang digunakan.

HASIL DAN BAHASAN

Uji Akurasi Tegangan

Uji akurasi tegangan dilakukan untuk melihat kesesuaian antara tegangan yang diatur pada panel kontrol dengan tegangan yang terbaca pada alat ukur. Menurut standar pada PERKA BAPETEN No. 2 Tahun 2022 nilai persentase kesalahan tidak boleh lebih dari 5% yang dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Persentase kesalahan adalah parameter rasio antara tegangan panel pesawat mammografi dengan tegangan yang terukur pada alat ukur. Hasil pengukuran tegangan dan perhitungan nilai persentase kesalahan terhadap dua jenis kombinasi target/filter yaitu Mo/Mo dan Mo/Rh selengkapnya dituliskan dalam Tabel 1 dengan kondisi

penyinaran yang diatur pada arus waktu 50 mAs.

Tabel 1 menunjukkan bahwa tegangan yang diatur pada panel kontrol dengan tegangan yang terukur pada alat ukur berbeda. Dari hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa untuk tegangan 25 dan 27 kV, kombinasi target/filter Mo/Mo menghasilkan nilai persentase kesalahan lebih rendah akan tetapi untuk tegangan 29 sampai 33 kV kombinasi target/filter Mo/Rh menghasilkan nilai persentase kesalahan yang lebih tinggi daripada Mo/Rh. Secara keseluruhan nilai persentase kesalahan yang didapatkan dari pengujian akurasi tegangan pada penggunaan jenis kombinasi target/filter Mo/Mo maupun Mo/Rh tidak melebihi batas yang ditetapkan oleh BAPETEN. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan pesawat Mammografi di Instalasi Radiologi RSUD Syekh Yusuf Gowa masih dalam kondisi baik dan layak untuk penggunaan klinis.

Selain itu, pada pengujian akurasi tegangan diperoleh pula nilai keluaran radiasi atau kerma udara. Hasil pengukuran keluaran radiasi pada setiap variasi tegangan dengan kombinasi target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh selengkapnya dituliskan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Uji Akurasi Tegangan Panel dan Tegangan Terukur pada Detektor mode Mo/Mo dan Mo/Rh.

No.	Tegangan Panel (kV set)	Tegangan terukur (kV ukur)		Persentase Kesalahan (% error)		Lolos Uji, Ya/Tidak	
		Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh
1.	25	24,4	26,1	2,4%	4,4%	Ya	Ya
2.	27	26,2	28,0	3,0%	3,7%	Ya	Ya
3.	29	28,0	29,8	3,4%	2,8%	Ya	Ya
4.	31	29,9	31,6	3,5%	1,9%	Ya	Ya
5.	33	31,7	33,4	3,9%	1,2%	Ya	Ya

Tabel 2. Hasil pengukuran keluaran radiasi pada setiap variasi tegangan mode Mo/Mo dan Mo/Rh.

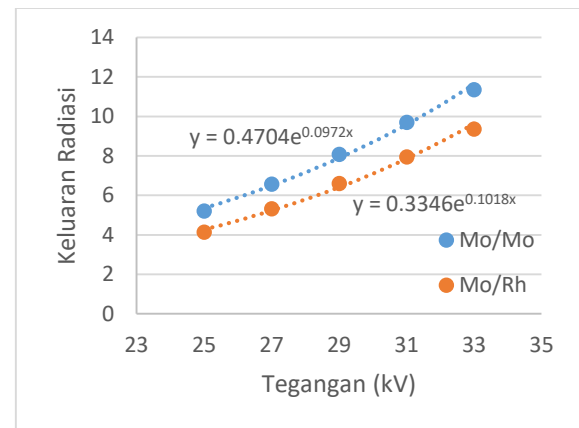
No.	Tegangan Panel (kV)	Keluaran Radiasi (mGy)	
		Mo/Mo	Mo/Rh
1.	25	5,215	4,135
2.	27	6,578	5,322
3.	29	8,080	6,598
4.	31	9,707	7,958
5.	33	11,350	9,360

Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk setiap variasi tegangan menghasilkan nilai keluaran radiasi yang berbeda. Nilai keluaran radiasi terendah dan tertinggi diperoleh pada tegangan 25 dan 33 kV dengan keluaran radiasi masing-masing sebesar 5,215 dan 11,350 mGy untuk kombinasi target/filter Mo/Mo, serta 4,135 dan 9,360 mGy untuk kombinasi target/filter Mo/Rh. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa ketika menggunakan kombinasi target/filter Mo/Mo keluaran radiasi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan kombinasi target/filter Mo/Rh. Hubungan antara tegangan dengan keluaran radiasi dapat dilihat pada Gambar 1, yang mengindikasikan bahwa kenaikan nilai tegangan sebanding dengan kenaikan nilai dosis keluaran radiasi yang dihasilkan.

Uji Reprodusibilitas

Uji reprodusibilitas dilakukan pada penelitian ini untuk memeriksa konsistensi tegangan (kV) dan keluaran radiasi (mGy) pada beberapa eksposi dalam pengaturan yang tetap. Uji reprodusibilitas dinilai dengan menghitung koefisien variasi yang disimbolkan dengan CV menggunakan persamaan (2). Menurut standar yang ditetapkan pada PERKA BAPETEN No. 2 Tahun 2022 nilai koefisien variasi (CV) tidak boleh lebih dari 0,05. Hasil perhitungan koefisien variasi untuk tegangan, dan dosis keluaran radiasi

pesawat Mammografi merek Philips di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas pada dua jenis kombinasi target/filter selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Grafik hubungan antara tegangan tabung dan dosis keluaran radiasi (mGy) pada target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh.

Berdasarkan Tabel 3, secara keseluruhan nilai CV untuk tegangan dan keluaran radiasi yang diperoleh pada kedua jenis kombinasi target/filter tersebut sangat kecil dan berada di bawah batas lolos uji yang telah ditentukan BAPETEN. Kondisi ini menunjukkan bahwa pesawat Mammografi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Syekh Yusuf Gowa masih dalam keadaan baik karena tegangan dan keluaran radiasi yang dihasilkan masih konstan/stabil.

Tabel 3. Hasil Uji Reproduksi Tegangan dan Keluaran Radiasi pada kombinasi Mo/Mo dan Mo/Rh

No.	Kondisi Penyinaran		Hasil Pengukuran			
	Arus waktu (mAs)	Tegangan Panel (kV set)	Tegangan terukur (kV)		Dosis Keluaran Radiasi (mGy)	
			Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh
1.	50 mAs	29 kV	28,0	29,7	8,077	6,598
2.			28,1	29,7	8,081	6,600
3.			28,0	29,8	8,081	6,601
4.			28,1	29,8	8,080	6,600
5.			28,0	29,8	8,080	6,600
Rata-rata			28,04	29,76	8,079	6,599
Standar Deviasi			0,0547	0,0547	0,0016	0,0011
Koefisien Variasi			0,0019	0,0018	0,0002	0,0001
Lolos Uji, Ya/Tidak			Ya	Ya	Ya	Ya

Uji Linearitas Keluaran Radiasi

Uji linearitas keluaran radiasi dilakukan untuk mengamati kelinieran keluaran radiasi pada saat arus yang berubah-ubah pada dua mode target-filter yang digunakan. Linearitas keluaran radiasi ini dinilai dengan menghitung koefisien linearitas yang disimbolkan dengan CL menggunakan persamaan (3). Menurut standar yang ditetapkan pada PERKA BAPETEN No. 2 Tahun 2022 nilai koefisien linearitas (CL) tidak boleh lebih dari 0,1. Hasil perhitungan nilai koefisien linearitas ditentukan dengan menghitung rata-rata dosis keluaran radiasi serta menentukan nilai maksimum dan minimum

keluaran radiasi dalam besaran mGy/mAs yang selengkapnya ditunjukkan dalam Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, koefisien linearitas pada kombinasi target/filter Mo/Mo sebesar 0,029 dan koefisien linearitas pada kombinasi target/filter Mo/Rh sebesar 0,025. Nilai koefisien linearitas yang didapatkan masih memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh BAPETEN. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan nilai keluaran radiasi pesawat Mammografi di Rumah Sakit Syekh Yusuf Gowa pada saat arus yang berubah-ubah masih konsisten.

Tabel 4. Hasil perhitungan linearitas keluaran radiasi pada mode target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh.

No.	Arus-waktu (mAs)	Rerata Dosis (mGy)		Output (mGy/mAs)		CL		Lolos Uji, Ya/Tidak	
		Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh
1.	10	1,533	1,253	0,153	0,125				
2.	50	8,016	6,524	0,16	0,130				
3.	100	16,136	13,108	0,161	0,131	0,029	0,025	Ya	Ya
4.	160	25,958	21,03	0,162	0,131				
5.	200	32,468	26,356	0,162	0,132				

Mean Glandular Dose (MGD)

Pada pengujian mean glandular dose dilakukan penyinaran terhadap fantom ACR sebagai pengganti payudara pasien. Nilai tegangan tabung yang digunakan sebesar 25, 27, 29, 31, dan 33 kV dengan arus waktu 50 mAs pada mode target filter Mo/Mo dan Mo/Rh. Nilai konstanta yang digunakan dalam perhitungan MGD yang dipersyaratkan oleh BAPETEN disesuaikan dengan pemilihan nilai tegangan tabung dan persentase kompresi payudara. Dalam hal ini, standar kompresi payudara yang diisyaratkan hanya sebesar 50% dengan ketentuan nilai-nilai yang akan digunakan dalam perhitungan MGD tertera dalam Tabel 5.

Tabel 5 merupakan ketentuan yang telah distandarkan oleh BAPETEN untuk masing-masing nilai tegangan tabung. Nilai HVL dan $C_{DG50,Ki}$ juga telah bersesuaian untuk masing-masing nilai tegangan tabung. Nilai konstanta tersebut kemudian digunakan dalam persamaan (4) untuk mendapatkan hasil perhitungan nilai MGD. Menurut standar pada PERKA BAPETEN No. 2 Tahun 2022 batas lolos uji untuk dosis yang diterima pasien pada pemeriksaan Mammografi (MGD) yaitu $MGD \leq 3$ mGy untuk fantom ACR. Hasil pengukuran kerma udara dan perhitungan MGD selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 6 dengan kondisi penyinaran yang diatur pada arus waktu 50 mAs dan kombinasi target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh.

Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran kerma udara (keluaran radiasi)

dan hasil perhitungan MGD. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa meskipun pada satuan nilai kerma udara dan MGD sama yaitu mGy akan tetapi nilai kerma lebih besar dibandingkan nilai MGD. Hal ini dikarenakan ketika melewati suatu materi, energi radiasi sinar-X (foton) akan berinteraksi dengan atom-atom penyusun materi tersebut, sehingga daya jangka maksimum sebuah foton bisa sangat bervariasi. Selain itu, MGD merupakan rata-rata dosis yang diterima atau yang masuk dalam jaringan payudara dengan kondisi kompresi payudara hingga 50% dari besar payudara sebenarnya sehingga nilainya lebih kecil dibandingkan dengan dosis radiasi di udara. Selain itu, dari kedua tabel tersebut, dapat dilihat bahwa Nilai MGD yang diperoleh dari penyinaran dengan kedua kombinasi target filter masih berada di bawah batas lolos uji yang ditetapkan BAPETEN. Hal ini menandakan bahwa pesawat Mammografi yang berada di Instalasi Radiologi RSUD Syekh Yusuf Gowa masih dalam kondisi baik dan layak untuk digunakan.

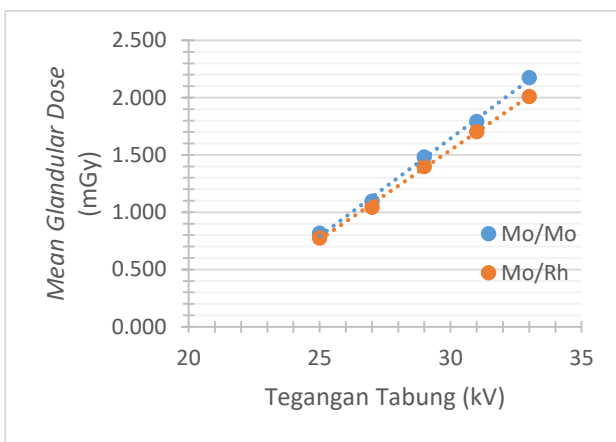
Gambar 2 merupakan grafik yang menunjukkan kenaikan nilai MGD terhadap kenaikan tegangan tabung untuk kedua kombinasi target/filter yang divariasikan dalam penelitian yakni Mo/Mo dan Mo/Rh. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai MGD meningkat seiring dengan peningkatan nilai tegangan tabung yang diatur. Hal ini karena tegangan tabung sinar-X menentukan besarnya energi sinar-X yang diemisikan oleh tabung sinar-X.

Tabel 5. Nilai konstanta yang digunakan dalam perhitungan MGD.

No.	Tegangan Panel	HVL (mm-Al)		$C_{DG50,Ki}$		s	
		Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh
1.	25	0,30	0,35	0,177	0,202		
2.	27	0,32	0,37	0,185	0,208		
3.	29	0,35	0,40	0,202	0,223	1	1,017
4.	31	0,35	0,40	0,202	0,223		
5.	33	0,37	0,40	0,208	0,223		

Tabel 6. Hasil pengukuran kerma udara dan perhitungan nilai MGD pada mode Mo/Mo.

No.	Tegangan Panel (kV)	Kerma Udara (Ki) (mGy)		MGD (mGy)		Lolos Uji, Ya/Tidak	
		Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh	Mo/Mo	Mo/Rh
1.	25	4,626	3,777	0,819	0,776	Ya	Ya
2.	27	5,922	4,929	1,096	1,043	Ya	Ya
3.	29	7,341	6,17	1,483	1,399	Ya	Ya
4.	31	8,882	7,508	1,794	1,703	Ya	Ya
5.	33	10,46	8,869	2,176	2,011	Ya	Ya



Gambar 2. Grafik kenaikan nilai MGD terhadap kenaikan tegangan tabung untuk kombinasi target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh.

Semakin besar beda potensial antara anoda dan katoda, maka elektron akan semakin dipercepat dan energi sinar-X yang dihasilkan memiliki energi rata-rata yang lebih tinggi. Hal ini menghasilkan dosis radiasi yang tinggi. Energi sinar-X ini mempengaruhi dosis radiasi pasien secara langsung. Semakin besar tegangan yang digunakan semakin besar dosis radiasi yang diterima pasien. Begitu pula sebaliknya, semakin kecil tegangan yang digunakan maka semakin kecil pula dosis yang diterima pasien. Besarnya dosis keluaran radiasi atau kerma udara inilah yang digunakan untuk memperkirakan besarnya nilai dosis radiasi yang diserap pada payudara pasien dalam hal ini MGD.

Dari grafik pada Gambar 2 di atas dapat dilihat pula hubungan dosis dengan

kombinasi target/filter yang digunakan. Dosis yang diperoleh ketika menggunakan kombinasi target/filter Mo/Mo lebih tinggi dibandingkan dosis yang diperoleh dengan menggunakan kombinasi target/filter Mo/Rh. MGD untuk kombinasi target/filter Mo/Rh 5,5% lebih rendah dibandingkan target filter Mo/Mo pada 25 kV; 5,1% lebih rendah pada 27 kV; 6% lebih rendah pada 29 kV; 5,3% lebih rendah pada 31 kV; dan 8,2% lebih rendah pada 33 kV. Perbedaan dosis menggunakan target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh tidak terlalu signifikan dengan selisih rata-rata sebesar 0,436 mGy.

Nilai MGD dari penggunaan target/filter Mo/Mo lebih besar dibandingkan Mo/Rh karena spektrum sinar-X karakteristik kulit K dari kombinasi target/filter Mo/Mo menghasilkan intensitas yang tinggi, yaitu sebesar 45×10^6 foton/mm². Sedikit lebih tinggi dari target/filter Mo/Rh yang sebesar 30×10^6 foton/mm². Hal ini dipengaruhi oleh filter yang digunakan. Saat menggunakan filter Rh, intensitas sinar-X karakteristik kulit K lebih banyak teratenuasi karena pada energi sinar-X tersebut, nilai koefisien atenuasi linier Rh lebih tinggi dibanding Mo, sehingga intensitas radiasi yang dihasilkan lebih rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan tiga parameter uji kinerja yang dilakukan pada pesawat mammografi di RSUD Syekh Yusuf Gowa terkait dengan

keluaran radiasi meliputi uji akurasi tegangan, reproduksibilitas, dan linearitas keluaran radiasi dilaporkan bahwa ketiga parameter tersebut masih memenuhi standar yang dipersyaratkan oleh BAPETEN. Sedangkan dalam perhitungan estimasi dosis yang akan diterima pasien menurut perhitungan nilai mean glandular dose (MGD) untuk masing-masing kombinasi target/filter, nilai MGD diperoleh minimum dan maksimum yaitu 0,819 mGy dan 2,176 mGy untuk target/filter Mo/Mo serta 0,776 mGy dan 2,011 mGy untuk target/filter Mo/Rh. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa kombinasi target/filter Mo/Rh menghasilkan nilai MGD yang lebih rendah dibandingkan kombinasi target/filter Mo/Mo.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin.* 2021;71(3):209-249.
- [2] Selvan CS, Sureka CS. Quality Assurance and Average Glandular dose Measurement in Mammography Units. *J Med Phys.* 2017;42(3):181-190.
- [3] Pwamang C, et al. Assesment of Dose to Glandular Tissue of Patients Undergoing Mammography Examination. *Journal of Radiology and Radiation Therapy.* 2016;4(2):1-5.
- [4] Kunarsih E, Sudrajat, dan Pratama I. B. G. P. *Pedoman Teknis Penerapan Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia.* Jakarta: BAPETEN; 2021.
- [5] Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Republik Indonesia No. 2 Tahun 2022. *Perubahan atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.* Jakarta: BAPETEN; 2018.
- [6] Safitri R, Yufita E. Quality Control X Rays Mammography In The Effort Mitigation Increasing Number Of Cancer Patient. *Jurnal Natural.* 2017;17(1):45-48.