

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radiologi adalah cabang ilmu kedokteran yang menggunakan teknologi pencitraan untuk mendiagnosis dan mengobati berbagai penyakit dalam tubuh manusia. Pencitraan medis ini meliputi modalitas seperti, Ultrasonografi (USG), *Computed Tomography* (CT) Scan, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan mammografi. Penggunaan teknologi ini memungkinkan dokter untuk melihat struktur dan fungsi organ dalam tubuh tanpa perlu melakukan prosedur bedah yang invasif, sehingga mengurangi risiko dan waktu pemulihan bagi pasien (Nakamura dkk., 2024). Mammografi adalah teknik pencitraan berbasis sinar-X yang digunakan khusus untuk mendeteksi dan mendiagnosis kelainan pada payudara. Metode ini sangat penting dalam deteksi dini kanker payudara, yang merupakan kanker paling sering dialami wanita di seluruh dunia (William dkk., 2021). Mammografi terbagi menjadi dua jenis, yaitu mammografi skrining dan mammografi diagnostik. Mammografi skrining dilakukan pada perempuan tanpa gejala untuk menemukan kelainan sejak dini sehingga penanganan dapat diberikan lebih cepat. Mammografi diagnostik ditujukan bagi pasien yang sudah memiliki gejala atau hasil skrining mencurigakan, dengan tujuan memastikan keberadaan dan jenis kelainan, sekaligus menilai penyebab melalui analisis klinis, pemeriksaan fisik, dan prosedur radiologi tambahan (Nakamura dkk., 2024).

Melalui pemeriksaan mammografi, kelainan pada jaringan payudara yang berukuran sangat kecil dapat dideteksi lebih dini sehingga peluang keberhasilan pengobatan meningkat. Meskipun terdapat risiko overdiagnosis, yaitu terdeteksinya kanker payudara yang tumbuh sangat lambat dan tidak membahayakan nyawa, manfaat pemeriksaan ini tetap jauh lebih besar dibandingkan risikonya. Mammografi terbukti efektif menurunkan angka kematian akibat kanker payudara, terutama bila dilakukan secara rutin sejak usia 40 tahun atau lebih awal pada perempuan dengan risiko tinggi (Nasution, W. M., Asfriyati dan Siregar, 2018).

Litasova dkk. (2018) menjelaskan bahwa pemilihan jenis dan ketebalan filter pada pesawat sinar-X memiliki peran penting dalam mengendalikan dosis

radiasi sekaligus mempertahankan kualitas citra. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan pada pesawat sinar-X mobile tipe Polimobile Plus Siemens untuk mengevaluasi pengaruh variasi material filter terhadap parameter dosimetri. Filter berbahan aluminium, tembaga, seng, stainless steel, dan galvalum diuji pada beberapa variasi tegangan tabung, sedangkan karakteristik berkas diukur menggunakan detektor radiasi serbaguna yang mampu mengukur dosis, tegangan tabung, waktu paparan, dan nilai *Half Value Layer* (HVL) secara akurat, serta perhitungan dosis masuk kulit. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antar material, di mana filter *stainless steel* dan galvalum terbukti mampu menurunkan dosis radiasi secara lebih optimal tanpa menurunkan mutu citra, sehingga keduanya dapat dipertimbangkan sebagai alternatif yang efisien.

Mutmainna dkk. (2020) melakukan penelitian untuk mengukur nilai HVL pada Pesawat Mammografi dengan membandingkan metode langsung dan tidak langsung menggunakan filter eksternal berbahan aluminium. Metode yang digunakan melibatkan variasi ketebalan filter (0,049; 0,055; dan 0,106) mm serta tegangan (24, 25, 26, dan 28) kVp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai HVL dari kedua metode berada pada kisaran (0,268–0,401) mmAl (tidak langsung) dan (0,291–0,388) mmAl (langsung) dengan deviasi (1,39–7,90)%. Semua hasil masih sesuai dengan standar toleransi BAPETEN Nomor 4 Tahun 2020, sehingga Pesawat Mammografi dinyatakan layak dan aman digunakan.

Arsanto (2020) menjelaskan bahwa perkembangan teknologi deteksi radiasi pada mammografi diarahkan untuk menyeimbangkan kualitas citra dan dosis pasien. Penelitian ini menggunakan sistem mammografi analog dengan dua reseptor, yaitu *image plate* pada *Computed Radiography* (CR) dan retrofit panel detector *Digital Radiography* (DR). Melalui variasi parameter eksposi pada fantom mammografi 18-220, dilakukan pengukuran indeks paparan serta evaluasi kemampuan mendeteksi detail halus. Hasil analisis menunjukkan bahwa DR retrofit mampu menghasilkan citra yang lebih tajam dengan dosis radiasi lebih rendah dibandingkan CR. Hal ini menegaskan bahwa tanpa beralih ke sistem digital penuh (*Full-Field Digital Mammography*), DR retrofit dapat menjadi alternatif yang efisien dan tetap diagnostik.

Pemilihan aluminium sebagai bahan filter pada sistem mammografi dalam penelitian ini didasarkan pada keunggulan fisis dan radiologis yang telah banyak dibuktikan dalam berbagai literatur terkini. Aluminium mampu menyerap foton berenergi rendah dan memperkeras berkas sinar-X (*beam hardening*) tanpa mengurangi secara signifikan jumlah foton berenergi diagnostik. Karakteristik ini mendukung pencapaian nilai HVL yang optimal sesuai standar kualitas berkas radiasi. Hasil penelitian di Instalasi Radiologi menunjukkan bahwa penggunaan filter aluminium menghasilkan nilai HVL yang tetap berada dalam rentang toleransi dan menjaga konsistensi kualitas citra selama proses pemeriksaan (Aswad dkk., 2018). Selain itu, studi komparatif terhadap kombinasi anoda/filter pada sistem mammografi digital melaporkan bahwa konfigurasi yang melibatkan aluminium, seperti Rh/Al, efektif dalam menurunkan dosis yang diserap jaringan kelenjar payudara tanpa menurunkan kualitas diagnostik gambar (Alhulail dkk., 2025). Berdasarkan Peneliti tersebut, aluminium dipilih sebagai bahan filter dalam penelitian ini karena memiliki keseimbangan ideal antara kemampuan penyaringan radiasi yang efisien, ketersediaan bahan yang tinggi, kemudahan implementasi, serta telah diakui secara luas dalam prosedur kendali mutu dan proteksi radiasi pada mammografi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pentingnya kualitas citra mammografi dalam deteksi dini kanker payudara menjadi alasan utama dilakukannya penelitian mengenai hubungan antara HVL dan kualitas citra. Studi terdahulu sebagian besar berfokus pada peningkatan mutu citra dengan tetap menjaga dosis radiasi dalam batas aman, namun masih terbatas pada sistem mammografi konvensional. Penelitian ini menggunakan tipe *Ge Tomosynthesis*, yaitu sistem *Digital Breast Tomosynthesis* (DBT/3D) yang dilengkapi teknologi resolusi tinggi, rekonstruksi citra tiga dimensi, kompresi lembut, serta pengaturan dosis otomatis. Sistem ini memungkinkan diperolehnya citra diagnostik yang tajam sekaligus menjaga aspek proteksi pasien.

Berdasarkan perkembangannya, mammografi terdiri atas sistem analog (*film-screen*), *Computed Radiography* (CR), *Digital Radiography* (DR) retrofit, *Full-Field Digital Mammography* (FFDM), dan *Digital Breast Tomosynthesis*

(DBT/3D). Dibandingkan teknologi lainnya, DBT/3D seperti *GE Tomosynthesis* memiliki keunggulan dalam mengurangi tumpang tindih jaringan, meningkatkan sensitivitas deteksi kelainan kecil, serta tetap mendukung uji kendali mutu menggunakan fantom ACR. Pemilihan *GE Tomosynthesis* sebagai objek penelitian didasarkan pada ketersediaannya di RSUP Dr. Ahmad Mochtar Bukittinggi yang telah memiliki fasilitas radiologi modern dengan peralatan mammografi digital terkalibrasi. Teknologi ini mampu menghasilkan citra yang lebih akurat dibandingkan sistem konvensional 2D yang masih digunakan di beberapa rumah sakit lain. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan filter aluminium pada variasi ketebalan dan tegangan tabung, menggunakan metode tidak langsung melalui pencatatan *Mean Glandular Dose* (MGD) dan akuisisi citra fantom ACR (*American College of Radiology*) 18-220 untuk memperoleh nilai HVL serta menilai kualitas citra secara visual.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis pengaruh penggunaan filter aluminium terhadap nilai HVL pada sistem mammografi digital tipe *GE Tomosynthesis*.
2. Mengevaluasi kualitas citra mammografi pada variasi ketebalan filter aluminium sesuai standar BAPETEN No. 2 Tahun 2022.
3. Menilai efektivitas filter aluminium dalam menurunkan dosis radiasi tanpa menurunkan mutu citra diagnostik.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat dalam menambah pemahaman mengenai pengaruh penggunaan filter aluminium terhadap nilai HVL, dosis kelenjar rata-rata (MGD), dan kualitas citra pada pemeriksaan mammografi digital 3D. Hasilnya dapat menjadi acuan bagi tenaga radiologi dalam memilih dan menerapkan filter tambahan yang tepat untuk menghasilkan citra diagnostik yang optimal dengan dosis radiasi yang tetap aman. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi sebagai bahan rujukan bagi pengembangan penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan peningkatan kualitas citra dan efisiensi dosis pada sistem mammografi digital 3D.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Penelitian menggunakan pesawat mammografi tipe *GE Tomosynthesis* dengan filter tambahan berupa aluminium foil setebal 0,085 mm dan pelat aluminium setebal 1 mm. Pengukuran dilakukan pada variasi tegangan tabung (22, 26, 30, dan 34) kVp sesuai pengaturan alat. Parameter yang diteliti meliputi nilai HVL dan MGD, dengan metode pengukuran HVL dilakukan secara tidak langsung melalui penambahan filter aluminium pada jalur sinar-X dan pencatatan perubahan dosis radiasi. Setiap kondisi pengukuran disertai pengambilan gambar fantom ACR 18-220 untuk menilai kualitas citra secara visual berdasarkan hasil pencitraan yang diperoleh. Penelitian ini dibatasi pada penggunaan filter aluminium dengan ketebalan yang telah ditentukan, tanpa pengujian bahan filter lain maupun perubahan parameter alat di luar pengaturan standar.

