

**UJI MISSING TISSUE DAN UJI PENJEJAKAN MODE AEC PESAWAT  
MAMOGRAFI**



**NUR ELIVIA  
H021191065**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITASA HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**UJI MISSING TISSUE DAN UJI PENJEJAKAN MODE AEC  
PESAWAT MAMOGRAFI**

**NUR ELIVIA  
H02119165**



**DEPARTEMEN FISIKA FAKULTAS  
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**UJI MISSING TISSUE DAN UJI PENJEJAKAN MODE AEC  
PESAWAT MAMOGRAFI**

NUR ELIVIA

H021191065

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Fisika



Program Studi Fisika

Pada

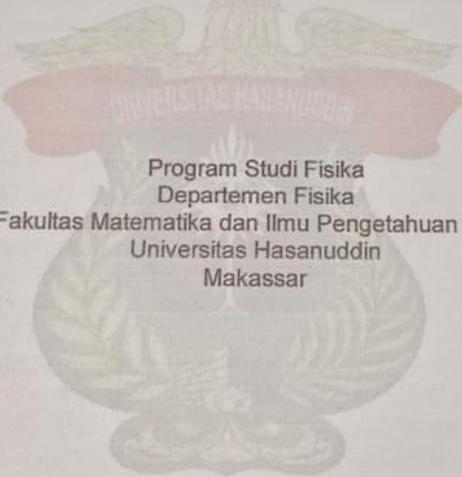
**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

SKRIPSI  
UJI MISSING TISSUE DAN UJI PENJEJAKAN MODE AEC  
PESAWAT MAMOGRAFI

NUR ELIVIA  
H021191065

Skripsi,

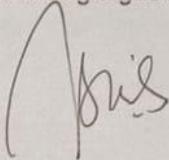
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Fisika pada 9 Oktober 2024 dan  
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
pada



Program Studi Fisika  
Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,

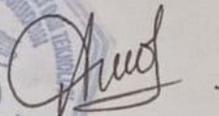


Dr. Sri Dewi Astuty, S.Si, M.Si.

NIP. 197505131999032001

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, MT.

NIP. 196705201994031002

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI  
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "UJI MISSING TISSUE DAN UJI PENJEJAKAN MODE AEC PESAWAT MAMOGRAFI" adalah benar karya saya dengan arahan dari Ibu Dr. Sri Dewy Astuti, S.Si, M.Si sebagai Pembimbing. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 9 Oktober 2024



Nur Elivia  
NIM H021191065

## Ucapan Terima Kasih

*Bismillahirrahmanirrahim*

Segala puji bagi Allah *Subhanahu wa ta'ala*, karena dengan izin dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**UJI MISSING TISSUE DAN UJI PENJEJAKAN MODE AEC PESAWAT MAMOGRAFI**” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin bisa dirampungkan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam*, keluarga, para sahabat, tabi'in dan atbaut tabi'in yang senantiasa mencintai Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam*.

Penulis telah menjalani proses yang cukup panjang untuk menyelesaikan skripsi ini dengan berbagai kendala yang ada. Namun, atas Izin dan kehendak Allah *Subhanahu wa ta'ala*, penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Penulis menyadari bahwa perjalanan panjang selama penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari doa, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa syukur penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. **Kedua orangtua** yang sangat berjasa dalam hidup Saya, Bapak **Basir D** dan Ibu **Hasriyanti**, Terimakasih tak terhingga atas cinta, kasih sayang, doa, dukungan dan materi serta nasehat kepada penulis hingga bisa berada di titik ini. Alhamdulillah saya persembahkan tulisan ini kepada kedua orangtua yang sangat saya cintai. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi, menjaga, memberkahi setiap langkah dan memberikan kesehatan kepada kalian.
2. Ibu **Dr. Sri Dewi Astuty, S.Si. M.Si** selaku dosen pembimbing, terima kasih banyak atas segala ilmu, waktu, dukungan, dalam membimbing dan memberikan arahan hingga skripsi ini dapat selesai. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* senantiasa menjaga, melindungi dan memberkahi segala langkah Ibu.
3. Bapak **Prof. Dr. Tasrief Surungan,, M.Sc.** dan **Bapak Bannu, S.Si,M.Si** selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis demi menyempurnakan penulisan skripsi ini. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* senantiasa menjaga, melindungi dan memberkahi segala langkah Bapak/Ibu.
4. **Bapak/Ibu Dosen Pengajar** Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama proses perkuliahan. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* senantiasa menjaga, melindungi dan memberkahi segala langkah Bapak/Ibu.
5. **Staf Departemen Fisika** yang telah membantu persuratan selama perkuliahan. ini. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* senantiasa menjaga, melindungi dan memberkahi segala langkah Bapak/Ibu.
6. Kepada Ibu **Hartina S.Si** yang telah meluangkan waktu dan membantu proses penelitian penulis. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* senantiasa menjaga, melindungi dan membalas kebaikan Ibu.
7. Adekku tercinta, (**Mukmin, Ikram, dan Syakira**) yang selalu memberikan motivasi, doa, dukungan serta hiburan canda tawa dalam penyusunan skripsi. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi dan memberkahi langkah kalian dimanapun berada.

8. Kepada Keluarga besar tercinta (**Kakek, Nenek, Om, Tante dan Sepupu**) yang selalu memberikan do'a, nasehat, dukungan, motivasi kepada penulis. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi dan memberkahi langkah kalian dimanapun berada.
9. Kepada Classmate, **Nur Hidayanti, Rahmatullah Salama, Rismayani Abdullah, ST Hajar, Umniyah Ardi** yang telah memberikan support, motivasi dan canda tawa selama ini. Terima kasih telah kebersamai dan berjuang bersama-sama sampai saat ini. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi dan memberkahi langkah kalian dimanapun berada.
10. Kepada besti loyal Qurani ( **Nirmala, April, Ros, dan Tika** ) terima kasih atas dukungan, doa, dan canda tawa selama ini. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi dan memberkahi langkah kalian dimanapun berada.
11. **Fisika 19** yang telah berjuang bersama sama dalam perkuliahan. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi dan memberkahi langkahmu dimanapun berada.
12. Teman-teman KKN 108 UNHAS Posko Kulo Maddenra ( **Wahda, Bina, Mala, Ima, Ica, Sherly, Ija, Mukhti dan Ardi** ) Terima kasih atas pengalaman tak terlupakan dan canda tawa bersama. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi dan memberkahi langkah kalian dimanapun berada.
13. Kepada teman-teman **Himafi 19**, terimakasih atas kebersamaan, pengalaman dan canda tawanya selama ini. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* membalas kebaikan kalian dan senantiasa dilindungi dan diberikan kesehatan dimanapun berada.
14. Kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan doa, semangat serta dukungan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* membalas kebaikan kalian dan senantiasa dilindungi dan diberikan kesehatan dimanapun berada.
15. *Last but not least*, kepada diri saya sendiri **Nur Elivia**, terima kasih telah berjuang hingga titik ini, terima kasih untuk terus berusaha dan tidak menyerah. *I'm so proud of you for staying strong and persevering*. Berbahagialah selalu, Semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* selalu melindungi dan memberkahi langkahmu dimanapun berada.

Besar harapan penulis untuk terus belajar dan memperbaiki kekurangan-kekurangannya. Penulis sadar bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada penulis dan semua pembacanya.

## Abstrak

**NUR ELIVIA. Uji Missing Tissue dan Uji Penjejukan Mode AEC Pesawat Mamografi** (dibimbing oleh Sri Dewi Astuty).

**Latar Belakang.** Mamografi merupakan salah satu teknologi medis untuk deteksi dini kanker payudara yang memanfaatkan sinar X tegangan rendah. Anatomi payudara termasuk jaringan lunak yang mengandung serat dan kelenjar dengan struktur halus hingga tebal, sehingga perlu teknik penyinaran yang mendukung kualitas citra. Selain itu penampakan lesi atau mikrokalsifikasi perlu lebih jelas dan detail yang sangat dipengaruhi oleh faktor eksposi dan mode penyinaran sistem mamografi. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem mamografi melalui pengujian missing tissue, penjejukan mode Automatic Exposure Control, dan reproduksibilitas. **Metode.** Pengujian missing tissue dilakukan dengan mengukur true size koin yang ditempatkan pada posisi berbeda di atas phantom akrilik. Hasil menunjukkan bahwa nilai missing tissue sebesar 0,44 cm dan 0,38 cm berada di bawah batas maksimum 0,5 cm, sehingga memenuhi standar yang berlaku. Uji penjejukan mode AEC dilakukan dengan menggunakan phantom akrilik berketebalan 2 cm, 4 cm, dan 6 cm untuk mengevaluasi konsistensi densitas gambar. **Hasil.** Hasilnya menunjukkan bahwa pada ketebalan 4 cm, AEC menunjukkan performa yang baik dan konsisten, sedangkan pada ketebalan 2 cm dan 6 cm, AEC tidak mampu menjaga konsistensi densitas yang diharapkan. Reproduksibilitas diuji dengan mengukur variasi tegangan, arus waktu, dan dosis. Nilai koefisien variasi menunjukkan variasi yang rendah dan konsisten, sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan. **Kesimpulan.** Hasil pengujian ini mengindikasikan bahwa sistem mamografi telah berfungsi dengan baik sesuai dengan regulasi yang berlaku, terutama pada akumulasi dosis dan variasi kompresi untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pasien selama prosedur mamografi.

**Kata kunci:** Missing Tissue, Automatic Exposure Control, Reproduksibilitas, penjejukan bayangan.

## Abstract

NUR ELIVIA. **Missing Tissue Test and Mammography Aircraft AEC Mode Tracking Test** (supervised by Sri Dewi Astuty).

**Background.** Mammography is one of the medical technologies for early detection of breast cancer that utilizes low voltage X-rays. Breast anatomy includes soft tissue containing fibers and glands with fine to thick structures, so it needs irradiation techniques that support image quality. In addition, the appearance of lesions or microcalcifications needs to be clearer and more detailed, which is greatly influenced by the exposure factor and irradiation mode of the mammography system. **Objective.** This study aims to evaluate the performance of the mammography system through missing tissue testing, Automatic Exposure Control mode tracking, and reproducibility. **Methods.** Missing tissue testing was performed by measuring the true size of coins placed at different positions on an acrylic phantom. The results showed that the missing tissue values of 0.44 cm and 0.38 cm were below the maximum limit of 0.5 cm, thus meeting the applicable standards. AEC mode tracking tests were performed using acrylic phantoms with thicknesses of 2 cm, 4 cm, and 6 cm to evaluate the consistency of image density. **Results.** The results showed that at 4 cm thickness, the AEC performed well and consistently, while at 2 cm and 6 cm thickness, the AEC was unable to maintain the expected density consistency. Reproducibility was tested by measuring variations in voltage, time current, and dose. The coefficient of variation showed low and consistent variation, in accordance with the established operational standards. **Conclusion.** The results of this test indicate that the mammography system has functioned properly in accordance with applicable regulations, especially on dose accumulation and compression variations to ensure patient safety and comfort during mammography procedures.

**Keywords:** *Missing Tissue*, Automatic Exposure Control, Reproducibility, shadow tracking.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Tujuan penelitian.....	6
1.3 Manfaat penelitian.....	6
BAB II METODOLOGI PENELITIAN.....	7
2.1 Waktu dan tempat .....	7
2.2 Alat dan Bahan .....	7
2.2.1 Alat.....	7
2.2.2 Bahan .....	7
2.3 Prosedur Kerja.....	7
2.3.1 Pengambilan data .....	7
2.3.2 Analisis data .....	9

2.4 Desain penelitian.....	10
2.5 Bagan alir penelitian .....	11
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....	12
3.1 Hasil pengujian <i>missing tissue</i> .....	12
3.2 Uji penjejukan .....	13
3.3 Reprodusibilitas.....	17
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....	21
4.1 Kesimpulan .....	21
4.2 Saran .....	21
DAFTAR PUSTAKA.....	22
LAMPIRAN .....	24

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor Urut	Halaman
1. Visual penempatan koin diatas pelat akrilik untuk uji <i>missing tissue</i> .....	7
2. Desain uji penjejukan bayangan pelat aluminium diatas phantom.....	8
3. Desain uji penjejukan pelat aluminium diatas Phantom .....	9
4. Desain pengujian <i>missing tissue</i> .....	10
5. Bagan alir penelitian .....	11
6. Citra mamografi untuk <i>Missing Tissue</i> .....	12
7. Citra phantom pada uji penjejukan.....	14
8. Grafik pengaruh ketebalan phantom terhadap dosis (mGy) .....	16
9. Grafik pengaruh ketebalan phantom terhadap arus (mAs) .....	16
10. Grafik faktor reproduksibilitas dosis (mGy) .....	19
11. Faktor reproduksibilitas arus waktu (mAs) .....	20

**DAFTAR TABEL**

Nomor Urut	Halaman
1. Ukuran koin dan <i>missing tissue</i> .....	13
2. Penjejakan ketebalan.....	15
3. Reprodusibilitas.....	18

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor Urut	Halaman
1. Alat dan bahan.....	24
2. Analisis data.....	25
3. Standar BAPETEN.....	26
4. Dokumentasi penelitian.....	27
5. Surat penugasan dosen pembimbing dan penguji .....	28

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Kanker payudara adalah salah satu penyakit yang umum dihadapi oleh wanita di seluruh dunia. Deteksi dini melalui mamografi memainkan peran penting dalam mengurangi risiko dan meningkatkan peluang kesembuhan. Mamografi merupakan modalitas diagnostik yang menggunakan sinar-X dosis rendah, dirancang untuk mendeteksi kelainan pada payudara dan menjadi prosedur skrining awal. Mamografi dapat mendeteksi jaringan kelenjar dan jaringan objek kecil. Mamografi digital telah berkembang pesat sebagai teknik diagnostik dengan penggunaan mode automatic. Mode AEC menghasilkan gambar yang lebih berkualitas dengan dosis yang sesuai. AEC adalah sistem yang digunakan dalam mamografi untuk secara otomatis mengatur dosis radiasi berdasarkan kebutuhan spesifik setiap pasien. Sistem ini mengoptimalkan paparan radiasi dengan menyesuaikan parameter seperti tegangan tabung sinar-X dan arus tabung selama pemeriksaan. Fungsi utama dari AEC adalah untuk memastikan bahwa gambar payudara yang dihasilkan memiliki kualitas yang cukup baik untuk diagnosis sambil meminimalkan dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Walaupun teknologi AEC bertujuan untuk mengurangi paparan radiasi, efektivitasnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ketebalan dan komposisi jaringan payudara serta pengaturan spesifik dari perangkat mamografi yang digunakan.

AEC digunakan untuk mengatur parameter eksposur secara otomatis guna memastikan kualitas gambar optimal dengan dosis radiasi minimal. AEC berfungsi dengan memonitor kepadatan jaringan payudara dan menyesuaikan eksposur sinar-X secara real-time untuk mendapatkan gambaran yang jelas tanpa melebihi dosis radiasi yang diperlukan. AEC adalah mode akuisisi gambar dalam pemeriksaan mamografi yang dirancang untuk menyeimbangkan antara dosis pasien dan kualitas gambar dengan mengakomodasi perbedaan ukuran payudara.

Teknologi pesawat mammografi mengalami perkembangan yang cukup pesat, dimulai dari mammografi konvensional yang menggunakan *Screen Film Mammography* (SFM) sampai mammografi digital (*Computed Radiography, Direct Radiography, Breast CT, Digital Breast Tomosynthesis*). Kecanggihan teknologi citra juga membawa dampak meningkatnya potensi penerimaan dosis radiasi oleh pasien. Untuk mengendalikan penerimaan dosis pasien ini Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) telah memberikan rekomendasi mengenai tingkat panduan dosis yang diberikan tidak hanya untuk radiografi diagnostik, namun juga untuk CT, mammografi dan fluoroskopi. Di Indonesia, nilai tingkat panduan yang direkomendasikan IAEA ini telah diadopsi oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).

Bahan attenuator yang berbeda mempengaruhi signal-to-noise ratio (SNR) dalam evaluasi AEC, menunjukkan variasi signifikan yang mempengaruhi hasil pengujian pada berbagai sistem mamografi. Mengingat pentingnya menguji AEC dalam kondisi jaringan tidak lengkap (*missing tissue*) dan penjejukan mode, penelitian ini fokus pada uji *missing tissue* dan penjejukan mode AEC pada pesawat mamografi untuk mengevaluasi kinerja AEC dalam berbagai kondisi klinis (Morrison et al., 2022). Studi

yang membandingkan sistem AEC dalam mamografi digital, tomosintesis payudara digital, dan mamografi kontras-ditingkatkan, menemukan bahwa perbedaan strategi dan komponen teknis dapat mempengaruhi *mean glandular dose* (MGD) atau dosis jaringan payudara terkompresi dan kualitas gambar. Untuk memastikan kinerja optimal AEC, terutama dalam kondisi jaringan payudara yang tidak sepenuhnya terkompresi atau terdapat jaringan yang hilang atau *missing tissue* sehingga diperlukan pengujian yang lebih komprehensif (Gennaro et al., 2024).

Kombinasi target-filter pada mamografi terhadap kualitas gambar dan dosis radiasi yang diterima pasien juga dipengaruhi oleh kombinasi target-filter seperti tungsten-rhodium (W/Rh) dan tungsten-silver (W/Ag) pada berbagai tegangan tabung sinar-X (28, 30, dan 32 kVp) dapat mempengaruhi hasil akhir dari pemeriksaan mamografi. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi W/Rh secara signifikan memberikan visibilitas mikro-kalsifikasi yang lebih baik dibandingkan dengan kombinasi W/Ag, sambil juga mengurangi dosis radiasi yang diperlukan. Hasil ini menekankan pentingnya pemilihan kombinasi target-filter yang sesuai untuk memastikan bahwa dosis radiasi tetap berada dalam batas aman dan kualitas gambar tetap optimal. Penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan ketebalan dan komposisi payudara saat melakukan pengujian, agar pengaturan yang diterapkan pada perangkat mamografi dapat memberikan hasil yang konsisten dan aman (Alkhalifah & Brindhaban, 2024).

Eksplorasi berbagai faktor eksposur, termasuk tegangan tabung sinar-X, kombinasi target/filter, serta ketebalan dan komposisi payudara terhadap nilai *Mean Glandular Dose* (MGD). Mereka menekankan bahwa penggunaan *fantom polymethyl methacrylate* sebagai standar pengujian sangat krusial untuk memastikan bahwa dosis radiasi tetap berada dalam batas yang aman sambil memastikan kualitas gambar tetap optimal. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengujian parameter paparan dengan menggunakan fantom yang representatif untuk berbagai ukuran dan komposisi payudara dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan relevan untuk praktik klinis, serta membantu dalam pengaturan yang lebih baik pada perangkat mamograf.

Pengaruh tekanan kompresi payudara terhadap efektivitas deteksi kanker dalam mamografi menunjukkan bahwa tekanan kompresi yang terlalu tinggi dapat mengurangi sensitivitas mamografi dalam mendeteksi kanker, sedangkan tekanan yang terlalu rendah dapat mengurangi spesifisitas dari pemeriksaan. Temuan ini menyoroti perlunya keseimbangan yang tepat dalam penerapan tekanan kompresi selama prosedur mamografi, penting untuk memastikan bahwa hasil skrining tidak hanya sensitif dalam mendeteksi kelainan tetapi juga spesifik dalam mengidentifikasi kasus negatif, sehingga mengurangi kemungkinan hasil positif palsu dan negatif palsu (Holland et al., 2023).

Penggunaan mamografi dalam program skrining telah terbukti meningkatkan tingkat deteksi dini kanker payudara dan menurunkan angka mortalitas. Seiring dengan perkembangan teknologi, *Digital Breast Tomosynthesis* (DBT) telah diperkenalkan sebagai teknik tambahan yang menawarkan gambar tiga dimensi dari payudara, sehingga mengurangi masalah tumpang tindih jaringan yang sering terjadi pada *Full-Field Digital Mammography* (FFDM). Penelitian oleh Gennaro et al. (2017) menunjukkan bahwa DBT memberikan dosis radiasi yang lebih tinggi dibandingkan FFDM, dengan

peningkatan rata-rata sebesar 38% dalam *Mean Glandular Dose* (MGD). Namun demikian, manfaat klinis DBT yang mampu memberikan deteksi kanker payudara yang lebih akurat dianggap dapat mengimbangi peningkatan dosis radiasi ini Nomor Urut (Gennaro et al., 2017). Selain DBT, *Contrast-Enhanced Digital Mammography* (CEDM) telah diadopsi untuk meningkatkan kualitas gambar dan kemampuan deteksi kanker. Penelitian yang dilakukan pada teknik ini menunjukkan bahwa CEDM memberikan *Average Glandular Dose* (AGD) yang lebih rendah dibandingkan dengan DBT, dan memiliki korelasi positif dengan *Compressed Breast Thickness* (CBT). Dalam studi ini, ditemukan bahwa nilai median AGD untuk CEDM secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan DBT dalam semua pandangan mamografi, baik *cranio-caudal* (CC) maupun *medio-lateral oblique* (MLO). Hubungan antara AGD dan CBT menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan payudara yang terkompresi berkontribusi pada peningkatan dosis yang diterima oleh jaringan kelenjar (*European Journal of Radiology*, 2020).

Namun, meskipun teknologi mamografi terus berkembang, tantangan dalam memastikan kualitas gambar yang konsisten dan mengidentifikasi artefak yang dapat mempengaruhi diagnosis tetap ada. Artefak grid, yang dapat muncul pada gambar mamografi digital, menjadi salah satu masalah yang harus diatasi. Penelitian oleh MacLellan et al. mengembangkan metode otomatis untuk mendeteksi artefak grid pada gambar mamografi digital. Metode ini menunjukkan akurasi yang tinggi dalam mendeteksi artefak dibandingkan dengan metode inspeksi manual. Implementasi sistem deteksi artefak otomatis ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas gambar mamografi dengan mengurangi kesalahan deteksi yang disebabkan oleh artefak, sehingga meningkatkan keandalan diagnosis (MacLellan et al., 2020).

Penelitian lebih lanjut oleh Vancoillie et al. membandingkan kinerja deteksi lesi pada *Digital Mammography* (DM), *Digital Breast Tomosynthesis* (DBT), dan *Synthetic Mammography* (SM) menggunakan phantom. Dalam studi ini, dua objek uji digunakan: *Contrast Detail Mammography Assessment Model* (CDMAM) dan phantom terstruktur. Penelitian ini menunjukkan bahwa DM umumnya memiliki kemampuan deteksi detail kecil yang lebih baik dibandingkan DBT, dan DBT lebih baik dibandingkan SM. Tidak ada perbedaan signifikan dalam deteksi mikrokalsifikasi antara DM dan DBT. Namun, untuk deteksi massa, DBT menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan DM dan SM (Vancoillie et al., 2020).

Hasil studi oleh Inoue et al. menyoroti peran penting *Automatic Exposure Control* (AEC) dalam pengaturan paparan radiasi pada CT, dengan mengeksplorasi bagaimana arah pemetretan scout dan posisi lengan dapat mempengaruhi modulasi dosis radiasi. Studi ini menunjukkan bahwa penggunaan arah pemetretan scout dan posisi lengan dapat mempengaruhi hasil modulasi dosis, dengan posisi lengan yang terangkat cenderung mengurangi paparan radiasi di batang tubuh tetapi meningkatkan paparan di kepala dan leher. Penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang bagaimana pengaturan AEC dapat mempengaruhi kualitas gambar dan dosis radiasi dalam prosedur CT, dan menekankan perlunya pengaturan yang hati-hati untuk memastikan bahwa dosis radiasi yang diterima pasien tetap minimal sambil mempertahankan kualitas gambar yang baik (Inoue et al., 2018).

Selain itu, penelitian oleh Acho et al. membahas penggunaan metodologi desain komposit sentral (*Central Composite Design*) untuk memverifikasi dan mengoptimalkan parameter paparan pada perangkat AEC dalam mamografi skrining. Penelitian ini menemukan bahwa parameter paparan pada mode AEC default dioptimalkan untuk ketebalan fantom PMMA 4 cm, sementara ketebalan 5 cm memerlukan penyempurnaan untuk mencapai nilai maksimum dari *figure of merit* (FOM). Optimasi parameter paparan ini sangat penting untuk memastikan bahwa pasien asimtomatik terpapar radiasi seminimal mungkin sambil tetap mendapatkan kualitas gambar yang optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metodologi desain eksperimen dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas skrining mamografi dengan memastikan bahwa parameter paparan yang digunakan dalam pemeriksaan benar-benar optimal untuk berbagai kondisi klinis (Acho et al., 2023).

Pengaruh faktor eksposur dan ketebalan fantom terhadap nilai MGD pada pesawat sinar-X mamografi menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti tegangan tabung sinar-X, kombinasi target/filter, serta ketebalan dan komposisi payudara. Nilai MGD yang direkomendasikan harus di bawah 3 mGy untuk payudara tertekan hingga 42 mm, dengan komposisi 50% kelenjar dan 50% jaringan adiposa. Penggunaan fantom PMMA sebagai standar pengujian penting untuk memastikan dosis radiasi tetap dalam batas aman (Rauf et al., 2020).

Kanker payudara merupakan salah satu penyakit dengan angka kejadian tertinggi di kalangan wanita di seluruh dunia. Deteksi dini melalui mamografi adalah metode utama dalam diagnosis awal kanker payudara, yang dapat mengurangi risiko kematian dan meningkatkan peluang kesembuhan secara signifikan. Mamografi, sebagai modalitas diagnostik berbasis sinar-X, dirancang untuk mendeteksi kelainan pada jaringan payudara dengan dosis radiasi yang relatif rendah. Seiring dengan kemajuan teknologi, mamografi digital telah berkembang pesat, dengan tambahan teknologi seperti *Automatic Exposure Control* dan *Digital Breast Tomosynthesis* yang semakin meningkatkan kualitas dan efisiensi proses skrining.

AEC adalah sistem yang secara otomatis mengatur dosis radiasi berdasarkan kebutuhan spesifik setiap pasien, dengan tujuan untuk memproduksi gambar payudara yang optimal tanpa melebihi dosis radiasi yang diperlukan. AEC bekerja dengan menyesuaikan parameter seperti tegangan dan arus sinar-X secara real-time untuk memperoleh gambar dengan kualitas terbaik sambil meminimalkan paparan radiasi. Teknologi ini dirancang untuk menangani variasi dalam ukuran dan kepadatan jaringan payudara di setiap pasien, namun efektivitasnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk ketebalan dan komposisi jaringan payudara serta pengaturan spesifik perangkat mamografi yang digunakan (Morrison et al., 2022).

Untuk memastikan bahwa sistem mamografi beroperasi dalam parameter yang sesuai, penting untuk melakukan pengujian dan evaluasi berkala. Kontrol kualitas dalam uji *Digital Breast Tomosynthesis* (DBT) pada konteks *Tomosynthesis Mammographic Imaging Screening Trial* (TMIST) menekankan pentingnya kontrol kualitas terpusat dan otomatis. Dengan kontrol ini, konsistensi performa dari berbagai peralatan mamografi dapat dijaga, serta tantangan terkait pembaruan perangkat lunak dan perawatan preventif dapat diidentifikasi lebih awal. Hasil studi menunjukkan bahwa meskipun sistem

umumnya berkinerja konsisten, penting untuk menilai deviasi relatif dari nilai dasar dan memperhatikan perubahan perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat mempengaruhi hasil (Maki et al., 2023).

Estimasi dosis yang diserap oleh jaringan adiposa payudara juga merupakan aspek penting dalam penelitian kanker payudara. Menggunakan model geometris semi-elliptis dan kode *Monte Carlo N-Particle transport* (MCNP6), studi menunjukkan bahwa peningkatan fraksi berat jaringan adiposa berhubungan dengan peningkatan dosis radiasi. Temuan ini memberikan wawasan tentang bagaimana iradiasi jaringan adiposa dapat mempengaruhi inflamasi dan risiko kanker payudara, sehingga penting untuk karakterisasi dosimetri dalam mamografi (Rashid et al., 2018).

Di samping itu, penilaian kualitas posisi payudara juga menjadi fokus penting dalam meningkatkan efisiensi skrining mamografi. Pendekatan otomatis menggunakan *Convolutional Neural Networks* (CNNs) mampu mengidentifikasi mammogram yang tidak terpasang dengan baik dengan akurasi tinggi. Hal ini membantu teknolog mamografi dalam meningkatkan efisiensi dan mengurangi jumlah kunjungan kembali pasien, dengan mempertimbangkan kriteria posisi payudara yang lebih holistik (Brahim et al., 2018).

Mengintegrasikan berbagai teknologi dan metode evaluasi serta memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dan efektivitas prosedur mamografi adalah kunci untuk meningkatkan deteksi kanker payudara dan mengurangi risiko terkait paparan radiasi. Dengan mengadopsi teknologi terbaru dan metode evaluasi yang komprehensif, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi pada perbaikan proses skrining dan diagnosis kanker payudara.

Penelitian ini bersifat eksperimental pada obyek buatan dengan menerapkan prinsip mode AEC saat penyinaran dengan modalitas mamografi. Evaluasi didasarkan pada tiga aspek yaitu evaluasi *missing tissue* sebagai kontrol verifikasi luas lapangan penyinaran atau kolimasi yang diatur sebelum melakukan penyinaran. Aspek lainnya adalah uji penjejukan pada ketebalan berbeda dengan menilai citra film radiograf melalui pengukuran nilai densitas obyek. Pengamatan reproduksibilitas perubahan arus dan dosis pada kondisi nilai tegangan tabung yang tetap dengan mode penyinaran AEC. Data dibandingkan berdasarkan standar atau spesifikasi nilai setiap parameter yang diuji sebagaimana yang ditetapkan dalam peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2018. Penelitian ini sebagai prosedur pelaksanaan *quality control* pada pesawat mamografi dengan mode AEC.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

1. Mengidentifikasi missing tissue dan uji penjejukan pada pesawat mamografi AEC dengan metode koin dan pelat aluminium pada fantom akrilik planar.
2. Menganalisis kualitas radiasi melalui uji reproduksibilitas tegangan terhadap perubahan dosis dan arus-waktu pada pesawat mammografi mode AEC.

## **I.3 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan lebih mendalam dan aplikatif terhadap optimalisasi pengaturan parameter paparan AEC dalam mamografi. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi mamografi dan peningkatan kehandalan diagnosis kanker payudara.

## BAB II METODE PENELITIAN

### II.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian terutama pada tahap pengambilan data dilakukan pada bulan Januari - Februari 2024 di Instalasi Radiologi RS. Dr. Tadjuddin Chalid Makassar berlokasi di Jalan Paccerrakkang.

### II.2 Alat dan Bahan

#### II.2.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat sebagai berikut :

1. Pesawat sinar-X mamografi
2. Computed Radiography (CR)
3. Kaset
4. Densitometer

#### II.2.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut:

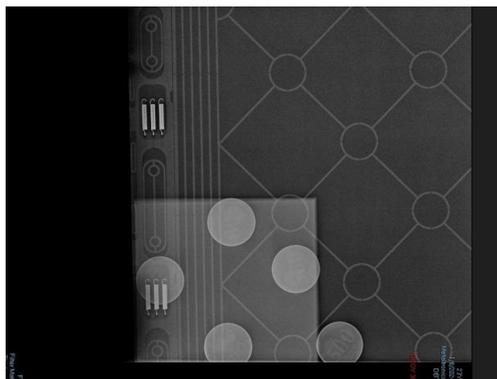
1. Phantom Akrilik
2. Film
3. Uang Koin ukuran diameter 2,7 cm
4. Pelat Aluminium

### II.3 Prosedur Kerja

Selama penelitian hingga pengolahan data, dilakukan pada beberapa tahap terdiri dari studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengambilan data dan analisis hasil.

#### II.3.1 Pengambilan Data

##### a. Uji Missing Tissue Pesawat Mamografi

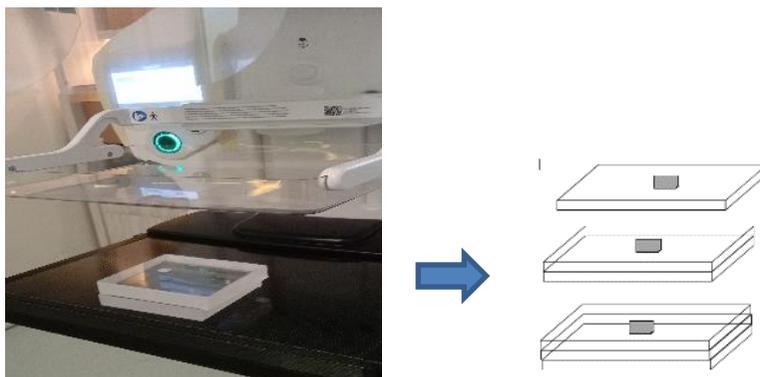


**Gambar 1.** Visual penempatan koin diatas pelat akrilik untuk uji *missing tissue*.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: pertama, persiapan material dan penanda, yaitu menyiapkan Phantom Akrilik dan empat koin uang sebagai marker untuk identifikasi area yang terekspose dan yang tidak. Satu koin tambahan juga disiapkan untuk menandai sisi kiri atau kanan samping Phantom Akrilik sebagai pembatas radiasi. Kedua, penempatan koin dan pembatas radiasi dengan meletakkan empat koin di bagian atas (top) Phantom Akrilik sebagai penanda area yang terekspose oleh sinar-X dan satu koin tambahan sebagai pembatas radiasi di sisi kiri atau kanan Phantom Akrilik (bottom) untuk membantu menandai batas area yang diekspos.

Selanjutnya, eksposur dan pengambilan gambar dilakukan menggunakan sistem AEC atau secara manual sesuai dengan setting yang diinginkan. Eksposur dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan serangkaian gambar yang konsisten. Setelah eksposur selesai, gambar-gambar hasil eksposur diambil dan area yang terekspose pada penanda koin atas dan koin bawah dihitung serta dicatat menggunakan perangkat lunak pengolahan citra medis atau pengukuran manual. Area yang terekspose pada penanda dibandingkan untuk menentukan "missing tissue" atau area yang tidak terekspose dengan sinar-X, serta menghitung berapa mm missing tissue pada penanda atas dan bawah. Terakhir, hasil pengukuran dari area yang terekspose pada kedua penanda (atas dan bawah) dicatat dan dianalisis untuk menentukan area "missing tissue" dan melakukan perbandingan antara ketiga pengukuran.

## b. Uji Penjejukan Mode AEC



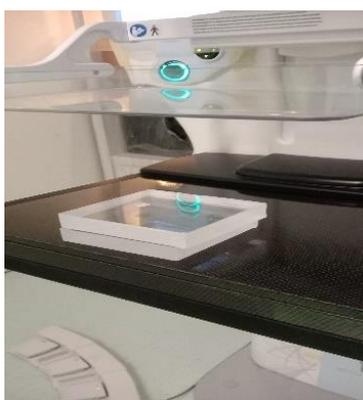
**Gambar 2.** Desain uji penjejukan bayangan pelat aluminium diatas Phantom dengan tebal Akrilik 2 – 6 cm

Untuk melakukan pengukuran optical density (kepadatan optik) dari tiga lembar akrilik yang masing-masing memiliki ketebalan 2 cm, dengan menambahkan sebuah aluminium foil dengan ukuran sisi 1 cm untuk setiap pengukuran. Eksposi dilakukan sebanyak tiga kali berdasarkan variasi ketebalan yang dipilih, di mana ketebalan pelat akrilik yang tersedia adalah 2 cm sehingga untuk mendapatkan ketebalan 4 dan 6 cm dilakukan dengan cara menumpukkan setiap akrilik. Pengukuran pertama (ketebalan 2 cm) menggunakan satu lembar akrilik yang ditempatkan di atas bucky dengan alat

penanda untuk uji penjejakan menggunakan pelat aluminium panjang sisi 1 cm. Penanda diletakkan di atas akrilik dan dilakukan penyinaran. Data yang akan di olah adalah hasil citra fantom yang di cetak pada film radiografi. Layar monitor untuk setiap variasi pengukuran di foto sebagai dokumentasi data karena perangkat tidak dilengkapi dengan penyajian data dalam bentuk rawdata. Densitas film radiografi di ukur dengan densitometer terhadap obyek pelat aluminium dan obyek fantom akrilik sebagai media latar belakang.

Pengukuran kedua dan ketiga untuk ketebalan 4 cm dan 6 cm, dilakukan dengan prosedur yang sama dengan pada saat ketebalan fantom akrilik 2 cm. Posisi pelat selalu diletakkan di atas fantom teratas.

### c. Uji reproduksibilitas



**Gambar 3.** Desain uji penjejakan bayangan pelat aluminium diatas Phantom

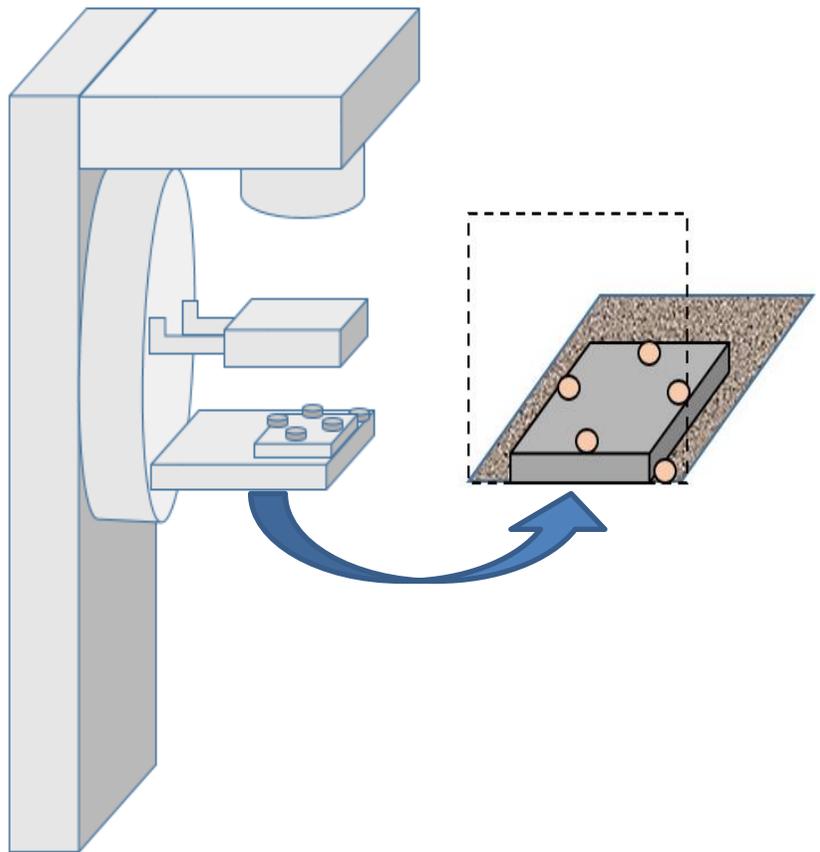
Uji reproduksibilitas dilakukan dengan melakukan lima kali eksposi pada kondisi tegangan yang sama. Pengukuran koefisien variasi dilakukan menggunakan lembar akrilik dengan ketebalan 4 cm dan pelat aluminium di atasnya dengan panjang sisi 1 cm. Uji ini bertujuan memastikan bahwa hasil pengukuran bersifat konsisten ketika dilakukan beberapa kali eksposi pada kondisi yang sama dan bahwa koefisien variasi sesuai dengan standar ketentuan, yaitu kurang dari atau sama dengan 0,05. Layar monitor untuk setiap pengukuran difoto sebagai dokumentasi data. Proses pengukuran ini diulang lima kali dengan prosedur yang sama untuk memastikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan.

### II.3.2 Analisis Data

Data kepadatan optik (optical density) dari film radiografi yang diperoleh dari uji penjejakan mode AEC dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik. Hasil true size missing tissue akan dibandingkan dengan standar ( $\leq 5$  mm). Densitas optik dari berbagai ketebalan akrilik (2 cm, 4 cm, dan 6 cm) akan dibandingkan untuk mengevaluasi konsistensi sistem AEC, sementara data dari lima kali eksposi dengan ketebalan 4 cm akan dianalisis untuk memastikan reproduksibilitas hasil. Semua data akan ditabulasikan, dianalisis secara statistik. Kesimpulan akan diambil berdasarkan analisis

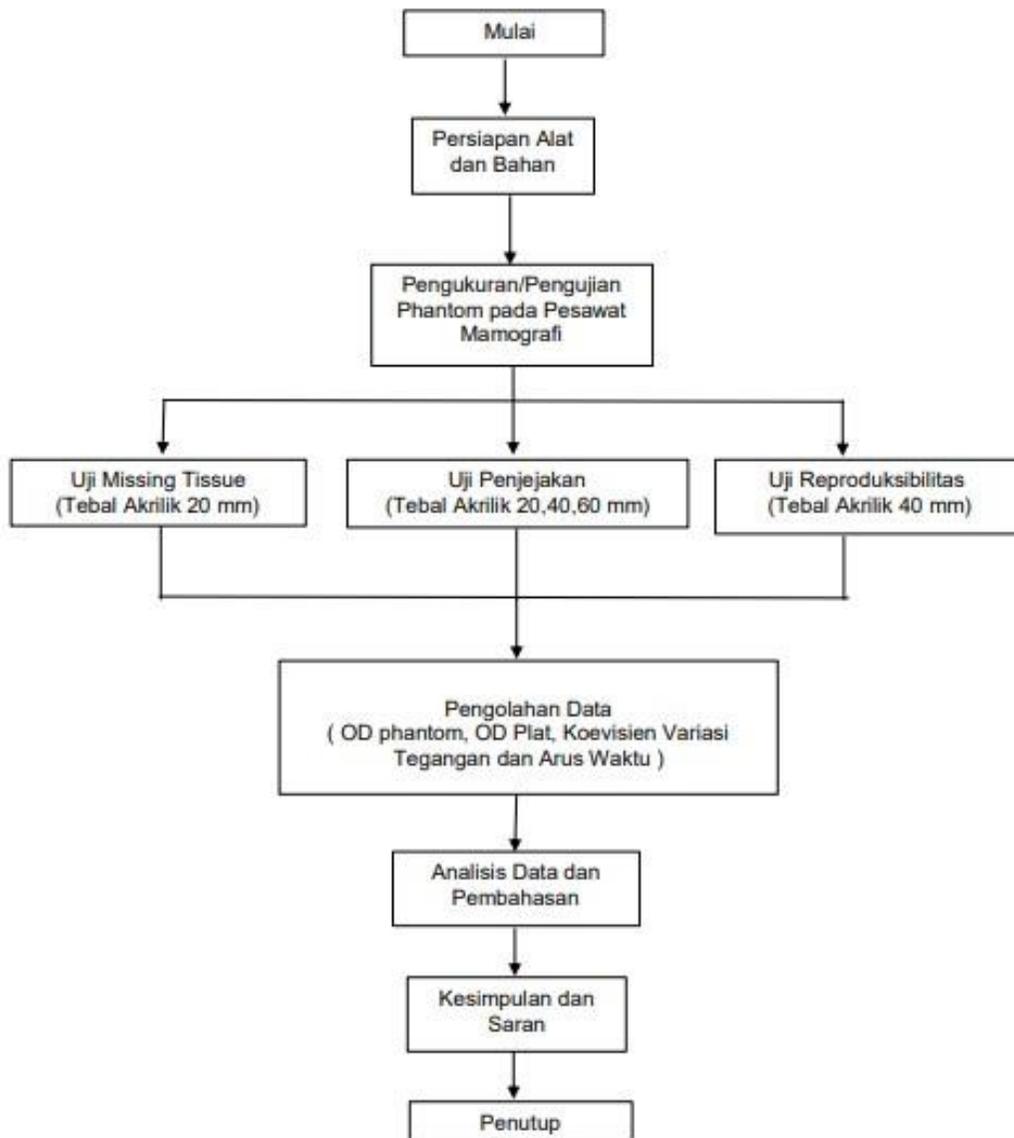
untuk menilai kinerja pesawat mamografi, memastikan alat dan prosedur yang digunakan memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ditetapkan.

#### II.4 Desain Penelitian



**Gambar 4.** Desain Pengujian *missing tissue*.

## II.5 Bagan Alir Penelitian



**Gambar 5.** Bagan Alir Penelitian.