



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**PENERAPAN COMPLIANCE TEST PADA PESAWAT
MAMMOGRAFI MEREK NOVA MAMMOMAT 1000 DI RSUP Dr. M.
DJAMIL PADANG**

SKRIPSI



**SUSFA LARA MARITA
04135032**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2010**

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang *Compliance Test* pada pesawat Mammografi merek Nova Mammomat 1000 Siemens AG menggunakan TLD-100. Tata laksana penelitian terdiri dari pengukuran nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) pada pasien, pengukuran keluaran radiasi tabung sinar-X meliputi akurasi tegangan, pengukuran linearitas keluaran radiasi, pengukuran kualitas berkas radiasi, dan kualitas citra menggunakan *phantom mammo*. Pengukuran ESD dilakukan terhadap 10 orang pasien wanita dengan dua proyeksi yaitu *Cranio Caudal* (CC) dan *Medio Lateral Oblique* (MLO) dengan titik pengukuran di payudara pasien. Dari hasil penelitian diketahui bahwa nilai ESD yang diterima pasien mammografi 0,28 mGy sampai 8,56 mGy dimana nilai tersebut masih berada dibawah standar nilai jurnal *Quality Control Programme in Mammography* yang diterbitkan oleh *The Brithish Journal of Radiology* tahun 1997. Selain itu hasil pengukuran keluaran radiasi tabung sinar-X pada pesawat mammografi menunjukkan kualitas yang bagus, dimana nilai tersebut masih berada dibawah nilai standar atau batas toleransi pengujian yang menjadi acuan Unit Fisika Medik PTKMR BATAN (Health Departement of Western Australian, 2000).

Kata Kunci : *Compliance Test*, *Entrance Surface Dose* (ESD), Mammografi, TLD-100.



ABSTRACT

The research is about Compliance Test for Mammography Nova brand Mammomat 1000 Siemens AG using TLD-100 has been done. This research consists of Entrance Surface Dose (ESD) value of patients, measurement of the output radiation include X-ray tube voltage accuracy, linearity measurements of the output radiation, half value layer, and image quality using phantom mammo. ESD measurements is carried out on 10 female patients with the two projections of Cranio caudal (CC) and Medio Lateral Oblique (MLO) with the measurement point in the patient's breast. The results revealed that the ESD value of mammography patients received 0.28 mGy to 8.56 mGy in which the value is below the standard value of the journal Quality Control Programme in Mammography issued by The Brithish Journal of Radiology 1997. In addition, the measurement results of radiation output from X-ray tubes in mammography showed good quality, and the value is still below the standard value or the limit of tolerance test is the reference Unit of Medical Physics PTKMR BATAN(Health Departement of Western Australian, 2000).

Key Word : *Compliance Test, Entrance Surface Dose (ESD), Mammography, TLD-100.*



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan dan melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Penerapan Compliance Test pada Pesawat Mammografi Merek Nova Mammomat 1000 di RSUP. Dr. M. Djamil Padang”**, disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata-1 pada Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas.

Selanjutnya pada kesempatan yang baik ini penulis tak lupa mengucapkan ribuan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan semangat dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada:

1. Ayahanda Drs. Aliunir dan Ibunda Erita sri Sufreni, S.Pd tercinta yang telah membesarkan, mendidik dan memberikan kasih sayang tulus kepada penulis.
2. Bapak Arif Budiman, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas Padang.
3. Ibu Dian Milvita M.Si selaku pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu-ilmunya kepada penulis sehingga menjadi inspirasi bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dan bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan kepada penulis demi kesempurnaan skripsi ini.
4. Ibu Nunung Nuraeni, selaku Pembimbing kedua yang telah memberikan dan mengarahkan penulisan selama penyelesaian skripsi ini

5. Ibu Dyah Dwi Kusumawati dan Ibu Helfi Yuliati yang telah membantu, membimbing, memotivasi dan memberi dorongan yang sangat berarti bagi penulis selama penelitian dan proses penyelesaian skripsi.
6. Bapak Afdhal Muttaqin, M.Si, Bapak Drs. Wildian, M.Si dan Ibu Dr. Dian Fitriyani, selaku Dewan Penguji yang telah bersedia menguji dan mengarahkan penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen, serta staf akademik di lingkungan Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas, yang telah memberikan ilmu dan pelayanan administrasi dengan baik.
8. Teman-teman Spectrum serta para senior dan junior Jurusan Fisika universitas Andalas.
9. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, amien.

Padang, Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	5
2.2.1 Mammografi.....	5
2.2.2 <i>Compliance Test</i>	9
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16

3.3 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.4 Tata Laksana Penelitian.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 <i>Compliance Test</i>	29
4.1.1 Pengukuran <i>Entrante Surface Dose</i> (ESD) pada pasien mammografi.....	29
4.1.2 Pengukuran Akurasi Tegangan Pada Pesawat Mammografi.....	32
4.1.3 Pengukuran Linieritas Keluaran Pada Berbagai Kondisi Arus.....	34
4.1.4 Pengukuran Kualitas Berkas Radiasi.....	35
4.1.5 Kebocoran Tabung Sinar-X pada Pesawat Mammografi.....	37
4.1.6 Kualitas Citra Pesawat Mammografi.....	38
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batas toleransi untuk pengujian pesawat mammografi di Unit Fisika Medik- LKK-PTKMR.....	15
Tabel 4.1 Nilai Entrance Surface Dose (ESD) pada Pasien Mammografi.....	30
Tabel 4.2 Akurasi Tegangan Pesawat Mammografi	33
Tabel 4.3 Linieritas Arus Pesawat Mammografi.....	34
Tabel 4.4 Paparan Pesawat Mammografi.....	35
Tabel 4.5 Intensitas Radiasi Kebocoran Tabung Sinar-X Pesawat Mamografi	37



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.4 Skema Alat Mammografi.....	8
Gambar 3.2 TLD-reader.....	16
Gambar 3.3 Gas Nitrogen Kering.....	17
Gambar 3.4 Tungku Pemanas	17
Gambar 3.5 Lempeng Aluminium	18
Gambar 3.6 Pesawat Mammografi merek Nova Mammomat 1000 Siemens AG.....	18
Gambar 3.7 <i>Phantom Mammo</i>	19
Gambar 3.8 <i>Non Invasive X-ray Test</i>	19
Gambar 3.9 <i>Cranio Caudal (CC)</i>	21
Gambar 3.10 <i>Medio Lateral Oblique (MLO)</i>	22
Gambar 3.11 Skema Pengukuran Akurasi Tegangan.....	24
Gambar 3.12 Skema Pengukuran Kualitas Berkas Radiasi.....	25
Gambar 3.13 Skema Pengukuran Kebocoran Tabung Sinar-X.....	26
Gambar 3.14 Skema pengujian Citra Pesawat Mammografi.....	28
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan ESD proyeksi CC dan MLO	31
Gambar 4.2 Kurva Hubungan Antara Tegangan Panel dan Tegangan Terukur.....	33
Gambar 4.3 Kurva Hubungan Antara Intensitas Radiasi Dengan Ketebalan Filter	36
Gambar 4.3 Hasil Uji Kualitas <i>Image</i>	38

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Data perhitungan TLD-100 pada pasien mammografi
- Lampiran 2** Data perhitungan TLD-100 pada beberapa akurasi pesawat mammografi
- Lampiran 3** Perhitungan nilai ESD pada pasien mammografi
- Lampiran 4** Perhitungan beberapa pengukuran pada pesawat mammografi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kanker payudara merupakan salah satu jenis kanker yang sering ditemukan pada wanita. Saat ini kanker payudara menempati urutan kedua terbanyak pada wanita setelah kanker mulut rahim, karenanya kanker payudara sering disebut sebagai mimpi buruk bagi kaum wanita. Dengan deteksi dan diagnosa dini serta penanganan segera, maka kanker payudara bukan lagi suatu vonis kematian. Upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan angka kematian yang disebabkan oleh kanker payudara adalah dengan pemeriksaan mammografi.

Mammografi adalah pemeriksaan radiografi yang dilakukan secara khusus menggunakan sinar-X dosis rendah yang bertujuan untuk mendeteksi kanker payudara sedini mungkin, bahkan sebelum adanya perubahan yang kelihatan pada payudara ataupun benjolan yang dapat dirasakan. Dosis yang diterima pasien tidak hanya berdasarkan ketebalan payudara setelah dikompresi namun juga tergantung kepada struktur dan kepadatan jaringan payudara.

Terimaan radiasi yang berasal dari pesawat mammografi penting untuk diwaspadai mengingat bahaya dari radiasi sinar-X, karena obyek pemeriksaan (sel-sel payudara) sangat sensitif terhadap radiasi sinar-X sehingga dosis yang diterima pasien perlu untuk diketahui dan diperhatikan agar tidak melebihi nilai standar yang telah ditentukan sehingga tidak membahayakan bagi kondisi pasien. Karena dosis yang diterima pasien berhubungan dengan keluaran tabung sinar-X dari pesawat mammografi sehingga perlu dilakukan *Compliance Test* atau uji

kesesuaian alat (*Health Departement of Western Australia, 2000*) terhadap

keluaran tabung sinar-X dari waktu ke waktu.

Dalam penelitian ini dilakukan *Compliance Test* yang meliputi *Entrance Surface Dose (ESD)* yang diterima pasien, akurasi tegangan, linearitas keluaran, kualitas berkas, uji kebocoran tabung dan kualitas citra menggunakan *phantom* untuk mensimulasikan hasil gambar / film sehingga dapat dibandingkan antara jaringan payudara dengan jaringan sel kanker.

Terdapat tiga rumahsakit yang menyediakan fasilitas pemeriksaan mamografi dengan merek pesawat yang berbeda di Kota Padang. Penelitian ini dilakukan di RSUP dr. M. Djamil Padang dan menggunakan pesawat mamografi merek Nova Mammomat 1000 Siemens AG dan di lakukan uji akurasi minimal setelah 4 tahun pemakaian, sehingga kesimpulan awal penelitian ini adalah pesawat mamografi masih tergolong baru dan teruji akurasinya, layak serta aman digunakan sehingga dosis yang diterima pasien masih berada dalam batas aman. Untuk membuktikan kesimpulan awal tersebut maka penelitian ini penting untuk dilakukan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan *Compliance Test* yang meliputi pengukuran ESD pada pasien menggunakan TLD-100, pengukuran akurasi tegangan, linearitas keluaran radiasi, kualitas berkas radiasi, uji kebocoran tabung sinar-X serta kualitas citra pada pesawat mamografi.

2. Mengetahui dan menilai apakah dosis ESD yang diterima pasien masih berada dalam batas aman sebagai salah satu upaya proteksi radiasi terhadap pasien.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat dijadikan sebagai data pendukung dalam upaya optimasi proteksi radiasi dalam radiodiagnostik dan sebagai acuan agar dosis radiasi yang diterima pasien tidak melebihi batas nilai toleransi yang telah ditetapkan sehingga program proteksi radiasi dalam setiap tindakan radiodiagnostik dapat tercapai.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian akan dilakukan *Compliance Test* pada pesawat Mammografi merek Nova Mammomat 1000 Siemens AG produksi Jerman dengan parameter uji meliputi penentuan nilai ESD pada pasien menggunakan TLD-100, akurasi tegangan, pengukuran linieritas keluaran, pengukuran kualitas berkas radiasi, uji kebocoran tabung sinar-X dan kualitas citra pada pesawat mammografi. Penelitian ini menggunakan Dosimeter Termoluminesensi-100 atau *Thermoluminescence Dosimeter-100* (TLD-100), pada ESD menggunakan TLD-100 sebanyak 60 buah dengan jumlah 10 orang pasien wanita dan beberapa pengukuran pada pesawat mammografi menggunakan TLD-100 sebanyak 21 buah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai *Compliance Test* pada pesawat mammografi antara lain pengujian nilai ESD pada pasien mammografi menggunakan TLD-100 pernah dilakukan pada salah satu Rumahsakit di Jakarta oleh Yulfiati Yubrar tahun 2007. Penelitian dilakukan terhadap 49 pasien menggunakan pesawat *Mammomat Balance Siemens AG* dan didapatkan rerata nilai ESD adalah 7,6 mGy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis ESD yang diterima pasien masih berada di bawah batas nilai dosis radiasi yang dikemukakan oleh E. Nassivera dan L. Nardin dalam jurnal *Quality Control Programme in Mammography* yang diterbitkan oleh *The British Journal of Radiology* tahun 1997 bahwa nilai batas ESD yang bisa diterima adalah < 12 mGy (E. Nassivera & L. Nardin, 1997).

Pada penelitian ini dilakukan *Compliance Test* pada pesawat mammografi Nova Mammomat 1000 Siemens AG di RSUP dr. M. Djamil Padang yang meliputi pengukuran nilai ESD menggunakan TLD-100 terhadap 10 pasien, pengukuran akurasi tegangan, linearitas keluaran radiasi, kualitas berkas, uji kebocoran tabung sinar-X serta kualitas citra menggunakan *phantom*. Tujuan dari *Compliance Test* untuk mengetahui nilai ESD yang diterima pasien dan mengetahui kondisi pesawat yang digunakan serta meningkatkan kualitas hasil diagnosa terhadap penyakit pasien.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Mammografi

Mammografi adalah pemeriksaan payudara secara khusus dengan menggunakan sinar-X yang bertujuan untuk mendeteksi kanker payudara sedini mungkin. Mammografi mempunyai kemampuan menembus jaringan payudara yang mengalami kelainan berupa tumor dan menunjukkan kelainan dalam payudara tersebut secara memuaskan. Selain itu mammografi juga dapat melihat adanya mikrokalsifikasi yang sangat halus, kurang dari 200 milimikron. Secara tidak langsung tindakan ini merupakan upaya untuk menekan mortalitas yang disebabkan oleh kanker payudara.

Perbedaan penting alat mammografi dengan sinar-X lainnya adalah :

1. Jangkauan kVp yang memakai energi yang sangat rendah sekitar 25 kVp sampai 35 kVp. Tabung sinar-X pada alat mammografi menggunakan anoda putar, anoda yang biasa digunakan adalah Molybdenum, akan tetapi Rhodium dan Tungsten juga sering digunakan, sedangkan untuk sinar-X biasa diatas 40 kVp dan focal spot yang sangat kecil tidak lebih dari 0,3 mm.
2. Mammografi dilengkapi dengan meja (*table*) khusus tempat memposisikan dan mengkompresi payudara.
3. Mammografi menggunakan film khusus yaitu film *single emulsion*. Dengan peralatan yang sedemikian itu, memungkinkan didapat kontras jaringan payudara yang ideal untuk evaluasi kelainan yang minimal. Jadi pesawat sinar-X biasa tidak dapat dipakai untuk mammografi.

Beberapa tipe mammografi adalah :

1. *Screening mammography*. Mammografi ini dilakukan pada wanita yang tidak menunjukkan tanda-tanda kanker payudara.
2. *Diagnostic mammography*. Mammografi yang digunakan untuk mendiagnosis gejala-gejala yang timbul pada payudara seperti benjolan, nyeri, penebalan puting susu, keluarnya cairan melalui puting susu, atau perubahan bentuk dan ukuran payudara.
3. *Digital mammography*. Mammografi digital mengambil gambaran elektronik payudara dan menyimpan langsung dikomputer. Penelitian terbaru tidak menunjukkan bahwa gambaran digital lebih baik dalam menemukan kanker dari pada film sinar-X.

Sebagaimana penggunaan sinar-X lainnya, mammogram menggunakan radiasi ion untuk menghasilkan gambar. Radiolog kemudian menganalisa gambar untuk menemukan adanya pertumbuhan yang abnormal. Walaupun teknologi mammografi telah banyak mengalami kemajuan dan inovasi, ada komunitas medis yang meragukan penggunaan mammografi karena tingkat kesalahan yang masih tinggi dan karena radiasi yang digunakan dapat menimbulkan bahaya. Diketahui bahwa sekitar 10% kasus kanker tidak terdeteksi dengan mammografi (*missed cancer*). Hal itu disebabkan antara lain oleh jaringan normal yang lebih tebal di sekitar kanker yang menutupi jaringan kanker sehingga jaringan kanker tidak terlihat.

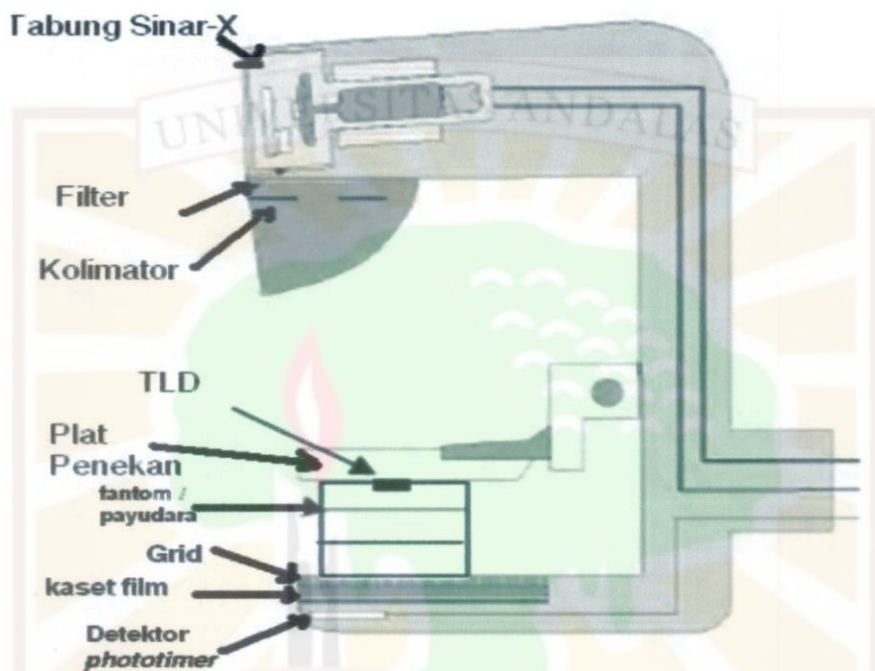
Pada saat ini, mammografi masih menjadi standar terbaik untuk pemeriksaan dini kanker payudara. Pada pemeriksaan mammografi dibutuhkan

dua proyeksi dari tiap payudara yaitu *cranio caudal* (CC) dan *Medio Lateral Oblique* (MLO). Setiap payudara diposisikan di atas kaset film dan ditekan perlahan menggunakan suatu plat penekan. Tekanan pada payudara sangat penting untuk meratakan payudara sehingga semakin sedikit jaringan yang saling tumpang tindih untuk menghasilkan gambaran yang lebih detail selain itu penerimaan dosis sinar-X yang lebih rendah karena bagian yang disinari lebih tipis.

Jika suatu benjolan ditemukan maka dokter, maka dokter akan melakukan tes-tes lainnya Jaringan tersebut dikirim ke laboratorium untuk dicari adanya kanker atau perubahan-perubahan yang dapat menunjukkan bahwa terdapat adanya kanker. Perubahan pada payudara terjadi hampir pada setiap wanita, sebagian besar perubahan itu bukan kanker tetapi karena perubahan level hormon yang normal terjadi pada wanita apabila usia bertambah. Wanita yang lebih muda mempunyai kelenjar payudara lebih banyak, lebih padat dan tidak berlemak dibandingkan wanita yang usianya lebih tua, apalagi yang telah menopause. Selain mammografi pemeriksaan payudara sendiri dan pemeriksaan oleh dokter secara teratur merupakan cara yang efektif untuk menjaga kesehatan payudara.

Sinar-X pada pesawat mammografi terbentuk melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat energi yang lebih rendah. Sinar-X berenergi rendah akan menembus jaringan payudara yang dikompresikan yang sebelumnya melewati filter untuk mendapatkan kualitas berkas yang sesuai dengan keperluan, sehingga sinar-X yang mengenai film akan diserap oleh filter. Filter yang digunakan adalah molybdenum, sehingga akan menimbulkan efek pada film yang diletakkan dibawahnya. *Image* (citra) dari

organ payudara yang terbentuk pada film dapat digunakan untuk deteksi adanya kanker diantara jaringan normal. Cara kerja pesawat mammografi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skema alat mammografi
(Sumber : Williams, 1994)

Untuk sistem pesawat sinar-X yang didesain hanya untuk mamografi, transmisi dari radiasi primer melalui alat penyangga penerima bayangan harus dibatasi sedemikian rupa sehingga penyinaran pada jarak 5 cm dari permukaan yang dapat dicapai setelah melalui alat penyangga penerima bayangan tidak lebih besar dari 0,1 Gy untuk tiap kali tabung diaktifkan. Pengukuran penyinaran dilaksanakan dengan mengoperasikan sistim pada jarak sumber-bayangan (SID) minimum sesuai desain. Kepatuhan terhadap peraturan ditentukan dengan memasang beda tegangan pada tabung dan perkalian antara arus tabung dan waktu pada nilai maksimum dan merupakan hasil pengukuran rata-rata pada daerah seluas 100 cm persegi dengan

dimensi linier yang tidak lebih besar dari 20 cm. Pesawat untuk mammografi yang beroperasi pada tegangan di bawah 50 kV harus memiliki filter permanen minimal 0,5 mm Al.

Berbeda dengan pesawat sinar-X biasa, jangkauan tegangan puncak (kVp) pada alat mammografi menggunakan energi yang sangat rendah yaitu 25 kVp sampai 35 kVp sedangkan pada sinar-X biasa di atas 40 kVp sehingga pesawat sinar-X biasa tidak bisa digunakan untuk mammografi. Alasan mamografi menggunakan dosis yang rendah karena jika dipakai dalam dosis yang besar dan berulang-ulang, sinar-X dapat menimbulkan kelainan atau keganasan yang dapat membahayakan pasien mammografi.

2.2.4 Compliance Test

Compliance Test adalah uji kesesuaian alat dan jaminan kualitas kendali kualitas (QA/QC) dari pesawat mammografi, maka dari itu *Compliance Test* sangat penting sebagai salah satu upaya optimisasi proteksi terhadap pasien. Tujuan dari *Compliance Test* pesawat mammografi adalah untuk menjamin bahwa setiap parameter penyinaran pada pesawat teruji akurasi fungsinya sesuai dengan spesifikasi alat, dan bila terjadi penyimpangan harus berada dalam nilai batas toleransi yang disepakati.

Pengujian fungsi pesawat sebaiknya dilakukan pada saat fasilitas baru diinstal, kemudian secara periodik dilakukan pengujian ulang. Selain itu, sebaiknya pengujian juga dilakukan setelah fasilitas menjalani perbaikan atau setelah terjadi peristiwa luar biasa yang dapat mempengaruhi kinerja alat seperti banjir dan gempa. Nilai standar atau batas toleransi yang menjadi acuan uji kesesuaian

alat terhadap keluaran tabung sinar-X ditunjukkan pada Tabel 2.1 dengan parameter uji sebagai berikut (*Health Departement of Western Australian, 2000*) :

1. *Entrance Surface Dose (ESD)*

Entrance Surface dose (ESD) adalah dosis serap dipermukaan materi yang terradiasi, dalam hal ini permukaan kulit pasien. ESD dikenal juga dengan dosis permukaan kulit. ESD memiliki satuan mGy (miliGray) dimana 1 Gray setara dengan besaran 1 joule/kilogram (J/kg). Hal tersebut menunjukkan bahwa dalam 1 kilogram materi terserap energi sebesar 1 joule (UNSCEAR, 2000).

ESD dapat diketahui secara langsung dengan cara pengukuran langsung. ESD ini terdiri dari 2 komponen, yaitu dosis radiasi yang berasal dari radiasi utama dan radiasi hamburan. Kelompok kerja dosimetri merekomendasikan bahwa pengukuran ESD dapat dilakukan dengan menggunakan dosimeter yang kecil dan tipis seperti TLD. TLD merupakan dosimeter yang prinsip kerjanya berdasarkan fenomena *Thermoluminescence*. Bahan yang paling murah dan banyak digunakan untuk pembuatan TLD saat ini adalah LiF (litium florida). Sifat bahan ini ekuivalen dengan jaringan tubuh manusia. Secara alamiah dalam keadaan standar LiF mengandung 92,5 % ${}^7\text{Li}$ dan 7,5 % ${}^6\text{Li}$.

TLD yang terbuat dari LiF buatan The Harshaw Chemical and Co., USA adalah TLD-100 (peka terhadap radiasi foton), TLD-600 (peka terhadap radiasi neutron dan foton) dan TLD-700 (peka terhadap foton). Kepekaan suatu TLD didefinisikan sebagai perbandingan antara hasil bacaan intensitas TL (Termoluminesensi) dengan nilai paparan yang diberikan (ALARA, 1998). Karena TLD kecil dan nomor atomnya rendah, maka kehadirannya tidak akan

mengubah informasi diagnostik citra serta tidak mengganggu dan dapat diterima oleh pasien.

2. Pengukuran akurasi tegangan pada pesawat mammografi

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui akurasi pengaturan tegangan pada panel kontrol pesawat dengan hasil keluaran tabung sinar-X. Hubungan antara tegangan panel dengan tegangan terukur juga sangat berpengaruh terhadap paparan radiasi yang akan diterima oleh pasien. Batas toleransi maksimum yang diperbolehkan adalah 10%. Jika peroleh nilai yang melebihi batas toleransi harus dilakukan pengecekan dan pengaturan ulang terhadap panel kontrol. Sesuai dengan persamaan (2.2), (*Health Department of Western Australia, 2000*):

$$\left| \frac{kV_{\text{terukur}} - kV_{\text{panel}}}{kV_{\text{panel}}} \right| \leq 10 \% \quad (2.2)$$

dimana :

kV_{terukur} : Nilai tegangan yang terukur sebelum disinari (V)

kV_{panel} : Nilai tegangan yang dihasilkan setelah dilakukan penyinaran (V)

4. Linieritas Keluaran Radiasi Pada Berbagai Kondisi Arus Pesawat Mammografi

Tujuan pengukuran linieritas keluaran radiasi terhadap berbagai kondisi arus adalah untuk mengetahui linieritas arus tabung secara relatif terhadap pengaturan pada panel. Linieritas arus ditentukan dengan persamaan (2.3), (*Health Department of Western Australia, 2000*):

$$\frac{|X_2 - X_1|}{X_2 + X_1} \leq 0,1 \quad (2.3)$$

dimana :

X_1 : Nilai arus yang dikeluarkan pada kondisi pertama (mAs)

X_2 : Nilai arus yang dikeluarkan pada kondisi kedua (mAs)

Variasi perubahan arus dinyatakan dalam satuan miliGray per miliAmpere sekon (mGy/mAs).

5. Pengukuran Kualitas Berkas Radiasi

Kemampuan daya tembus radiasi sebuah pesawat radiodiagnostik ditentukan berdasarkan nilai *Half value Layer* (HVL). HVL adalah tebal bahan atau filter yang diperlukan untuk mengurangi intensitas radiasi elektromagnetik menjadi setengah dari intensitas mula-mula. Standar syarat minimum tebal HVL tergantung dari tegangan panel yang digunakan.

Semakin tebal nilai HVL berarti daya tembus radiasi yang dihasilkan semakin tinggi, selain itu jumlah radiasi energi rendah yang dihasilkan juga lebih sedikit dan dosis yang dihasilkan lebih rendah. Nilai HVL dapat ditentukan dengan persamaan (2.4), (*Health Department of Western Australia, 2000*):

$$\frac{kV_p}{100} \leq HVL_{\text{terukur}} \quad (2.4)$$

dimana :

kV_p = Tegangan panel yang digunakan (kV)

HVL_{terukur} = nilai HVL yang terukur pada detektor (mm Al)

6. Uji kebocoran tabung sinar-X pada pesawat Mammografi

Pengukuran kebocoran tabung bertujuan untuk mengetahui efektifitas pelindung radiasi tabung sinar-X pada kondisi tegangan kerja maksimum. Batas kebocoran yang diperbolehkan adalah 1 mGray/jam (= 115 mR/jam) dalam jarak satu meter, jika diperoleh hasil yang melebihi batas disarankan tabung sinar-X diberikan pelindung radiasi tambahan. Untuk mendapatkan laju kebocoran tabung sinar-X di titik ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.5), (*Health Department of Western Australia, 2000*):

$$D_1 = \text{Bacaan TLD} \times FK \times F_{c.en} \times \frac{3600}{t} \quad (2.5)$$

dimana:

D_1 = Laju bocor di titik (mGy/jam)

FK = Faktor kalibrasi TLD (mGy/nC)

$F_{c.en}$ = Faktor koreksi ketergantungan energi pada kV yang digunakan

Bacaan TLD = Bacaan TLD rerata - TLD background (nC)

Sedangkan untuk mendapatkan laju kebocoran tabung sinar-X dalam jarak 1 m dapat digunakan persamaan (2.7), (*Health Department of Western Australia, 2000*):

$$\frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \quad (2.7)$$
$$D_2 = D_1 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS

dimana:

D_1 = Laju kebocoran tabung di titik (mGy/jam)

D_2 = Laju kebocoran tabung sinar-X dalam jarak 1 m (mGy/jam dalam 1 meter)

d_1 = Jarak TLD-100 ke sumber sinar-X

d_2 = Jarak radiasi kebocoran tabung sinar-X (100 cm)

7. Kualitas citra pesawat mammografi dengan *Phantom Mammo*

Kualitas citra adalah hasil penyinaran radiasi yang dihasilkan oleh produksi sinar-X yang tampak pada film. Film sebagai media penghasil gambar atau citra akan menghasilkan gambar sesuai dengan pengaturan pada kondisi panel pesawat. Semakin besar arus dan tegangan yang digunakan semakin gelap gambar atau citra yang dihasilkan sehingga gambar menjadi tidak jelas yang menyebabkan dokter radiologi sulit untuk mendiagnosa jenis kerusakan pada jaringan yang disinari. Selain pada kondisi panel, kualitas citra juga dipengaruhi oleh lampu kolimator dari pesawat mammografi.

Pesawat mammografi merupakan pesawat sinar-X yang dirancang khusus agar mampu menghasilkan citra dengan kontras dan resolusi baik. Resolusi menggambarkan kemampuan dari suatu sistem pencitraan untuk memisahkan suatu objek yang sangat dekat secara bersamaan (Sprawls, 1987). Kemampuan proses pencitraan ini ditentukan dari kualitas gambar yang dihasilkan dari pengukuran kuantitatif menggunakan *phantom*.

Tabel 2.1 Batas toleransi untuk *Compliance Test* pada pesawat mammografi di Unit Fisika Medik- LKK-PTKMR

No.	Parameter Pengujian	Batas Toleransi
1.	Dosis pasien	Sesuai The British journal of Radiology tahun 1997, bahwa ESD yang bisa diterima adalah < 12 mGy.
2.	Akurasi Tegangan	$(kV_{panel} - kV_{terukur}) / kV_{panel} = \pm 10\%$
3.	Linieritas Keluaran	Koefisien linieritas $\frac{ X_1 - X_2 }{(X_1 + X_2)} \leq 0,1$ dimana X_1 dan X_2 sensitifitas paparan (mGy/mAs) dari dua pengukuran berturutan
4	Kualitas berkas (HVL)	$(kVp/100) \leq HVL \leq (kVp/100 + c)$ dengan $c=0,12$ untuk kombinasi target/filter Mo/Mo
5.	Kebocoran tabung	≤ 1 mGy/jam atau 115 R/jam pada jarak 1 meter dari fokal spot.
6.	Kualitas Citra	<i>Mammography Quality Standards Act</i> (MQSA) mengeluarkan standar untuk kualitas image adalah tampak 4 fiber, 3 group klasifikasi, dan 3 massa

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

1. Preparasi TLD-100 dilakukan oleh pekerja radiasi di PTKMR BATAN
2. Pengambilan data dilakukan peneliti di RSUP.Dr.M.DJAMIL PADANG
3. Pembacaan data dilakukan peneliti di PTKMR BATAN

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

1. TLD-100.

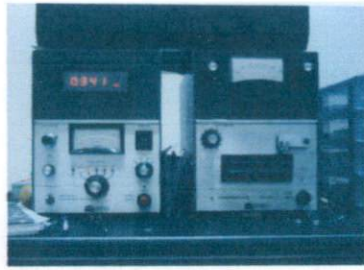
TLD-100 buatan Harshaw berbentuk chip sebanyak 60 buah TLD untuk pasien dan 21 buah TLD untuk *Compliance Test*



Gambar 3.1 Termoluminesensi dosimeter-100 (TLD-100)

2. TLD-reader model 2000 A dan 2000 B

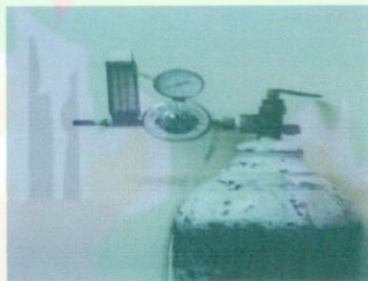
TLD-reader model 2000 A dan 2000 B digunakan untuk membaca hasil cacahan dari energi yang diserap oleh TLD-100



Gambar 3.2. TLD-reader

3. Gas Nitrogen (N_2) kering.

Gas nitrogen (N_2) kering digunakan untuk mengurangi kelembaban atau uap air pada saat pembacaan TLD-100.



Gambar 3.3. Gas nitrogen kering

4. Tungku Pemanas.

Tungku Pemanas digunakan untuk membersihkan TLD-100 dari respon radiasi latar.



Gambar 3.4. Tungku pemanas

5. Lempeng Aluminium Model 115A RMI, Serial No. 6064.

Lempeng Aluminium Model 115A RMI, Serial No. 6064 digunakan untuk menentukan kualitas berkas radiasi sinar-X dengan metode penentuan tebal HVL pada tegangan kerja tertentu.



Gambar 3.5 Lempeng Aluminium

6. Pesawat Mammografi Nova MAMMOMAT 1000 Siemens AG.

Pesawat Mammografi Nova MAMMOMAT 1000 Siemens AG produksi Jerman tahun 1998 digunakan untuk mendiagnosa kanker payudara pada pasien mammografi.



Gambar 3.6 Pesawat Mammografi Nova Mammomat 1000

7. *Phantom Mammo.*

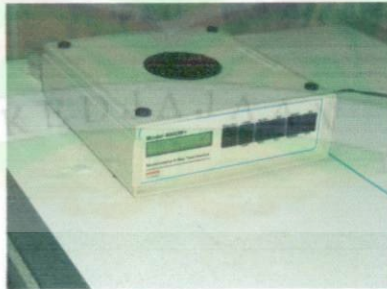
Phantom Mammo digunakan untuk menguji kualitas citra pesawat mammografi



Gambar 3.7 *Phantom Mammo*

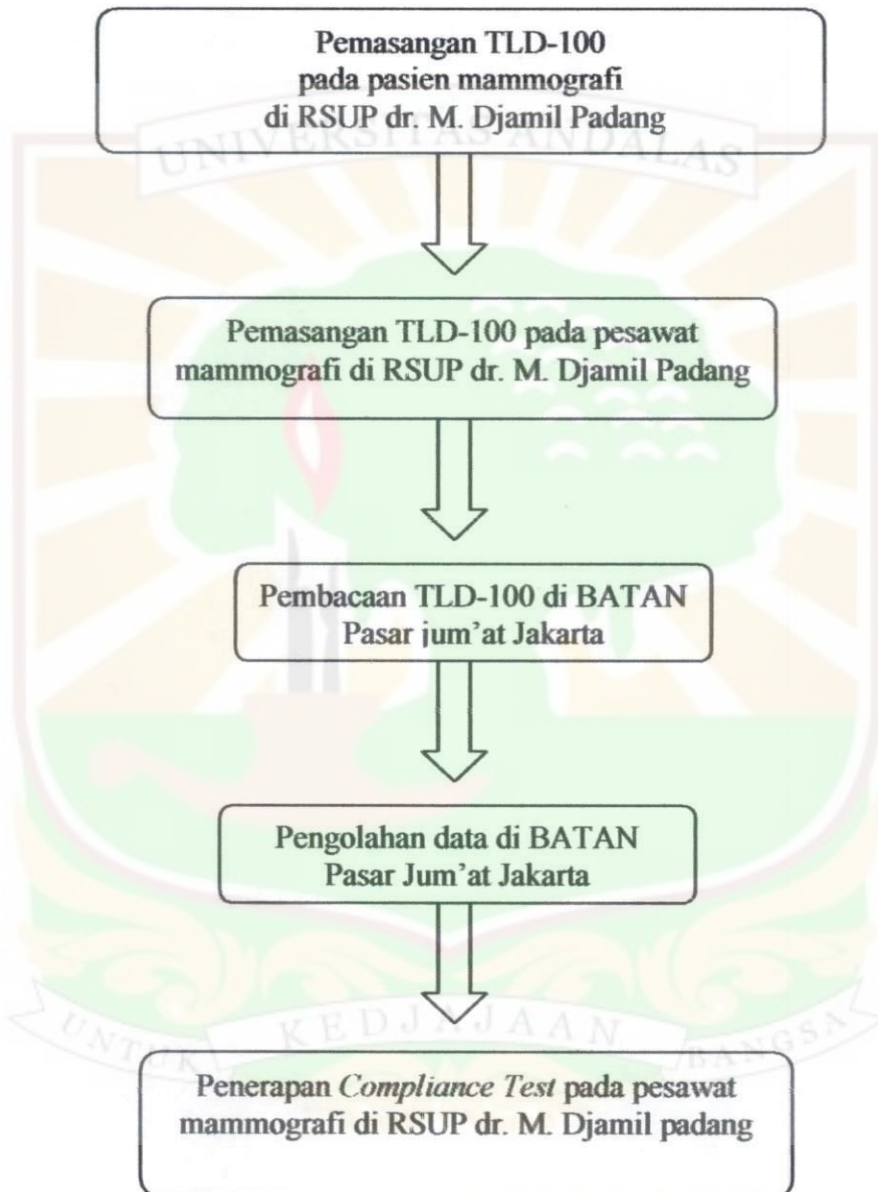
8. *Non Invasive X-Ray Test Tool Model 4000 M+.*

Non Invasive X-Ray Test Tool Model 4000 M+ digunakan untuk mengukur tegangan kerja, waktu dan paparan radiasi yang dihasilkan oleh tabung pesawat mammografi



Gambar 3.8 *Non Invasive X-Ray Test*

3.3. Diagram Alir Penelitian



3.4. Tata Laksana Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan *Compliance Test* yang terdiri dari beberapa pengujian antara lain (Health Departement of Western Australia, 2000):

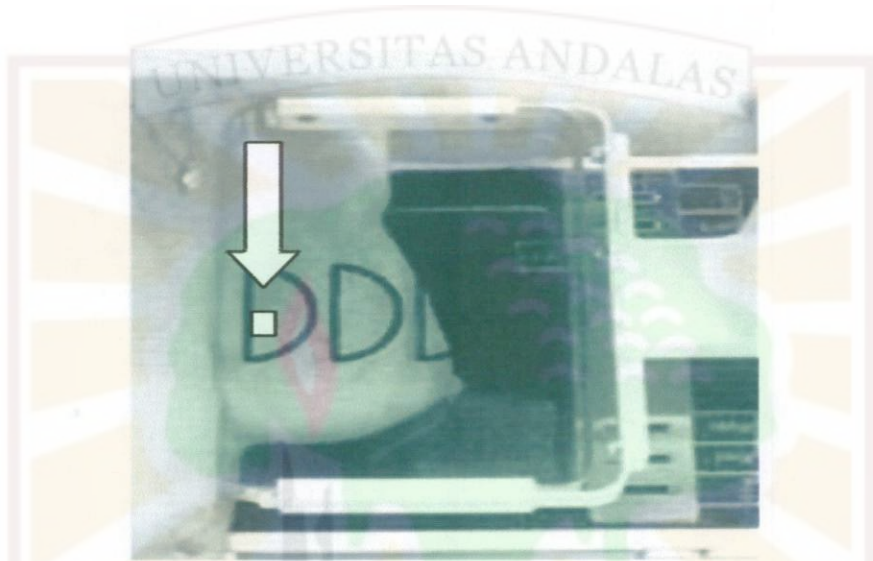
1. Pengukuran *Entrance Surface Dose (ESD)* pada pasien

Dilakukan pendataan pada pasien yang meliputi umur, berat badan, tebal payudara pasien dan nomor TLD-100 yang digunakan. Kemudian TLD-100 yang sudah dikemas ditempelkan pada payudara pasien, setelah itu pasien disinari dengan sumber radiasi sinar-X yang diatur pada tegangan berkisar antara 27 kVp hingga 32 kVp dan perkalian arus waktu 24 mAs hingga 40 mAs. Pemeriksaan pada pasien mammografi dilakukan dengan dua metode yaitu metode *Cranio caudal (CC)* dan metode *Medio Lateral Oblique (MLO)*. *Cranio Caudal (CC)* adalah pengkompresan payudara dengan pelat plastik posisi dari atas ke bawah kemudian TLD-100 ditempelkan pada pelat plastik di atas payudara yang ditekan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 *Cranio caudal (CC)*

Sedangkan *Medio Lateral Oblique* (MLO) adalah pengkompresan atau penekanan payudara dengan pelat plastik dari samping kemudian TLD-100 ditempelkan pada pelat plastik di atas payudara yang ditekan tadi, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Medio Lateral Oblique* (MLO)

Radiasi yang telah diserap oleh TLD-100 selama proses penyinaran berlangsung selanjutnya dibaca intensitas TL nya menggunakan TLD-reader model 2000 A dan 2000 B buatan Harshaw sebanyak dua kali pada masing-masing chip. Bacaan pertama merupakan bacaan intensitas TL_{total} , sedangkan bacaan kedua merupakan bacaan intensitas latar. Intensitas TL_{bersih} merupakan hasil pengurangan intensitas total terhadap intensitas latar. Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3.1).

$$TL_{bersih} = TL_{total} - TL_{latar} \quad (3.1)$$

Intesitas TL latar diperoleh dari pembacaan langsung pada alat.

Dosis radiasi (D) dari penyinaran yang diterima TLD selama proses pemantauan dapat dihitung melalui perkalian antara intensitas TL bersih terhadap faktor kalibrasi (FK) TLD-100.

$$D = \text{TL bersih} \times \text{FK} \quad (3.2)$$

Dengan :

D = dosis radiasi yang diterima TLD-100 (mSv)

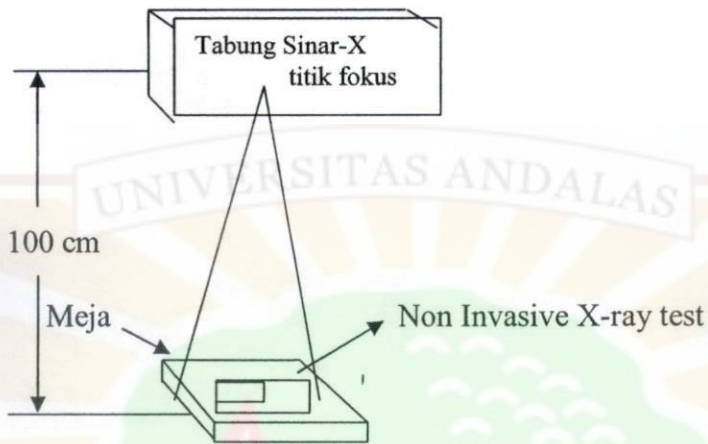
TL bersih = bacaan intensitas TL (nC)

FK = faktor kalibrasi (nC)

2. Pengukuran akurasi tegangan pada pesawat mammografi

Tegangan maksimum pada pesawat mammografi berkisar antara 23 kVp sampai 35 kVp. Pada penelitian ini akurasi tegangan diukur menggunakan *Non Invasive X-Ray Test*. Pengukuran ini dilakukan dengan memvariasikan nilai tegangan panel pada pesawat mammografi dari 23 kVp sampai 33 kVp dan mengurangkan hasilnya dengan tegangan terukur yang terbaca pada *Non Invasive X-Ray Test* dari 23,53 kVp sampai 33,65 kVp, kemudian hasilnya dibagi dengan nilai tegangan panel. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 8 kali pada jarak 100 cm dari sumber sinar-X.

Adapun skema pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Skema Pengukuran Akurasi tegangan

3. Linieritas keluaran radiasi pada berbagai kondisi arus

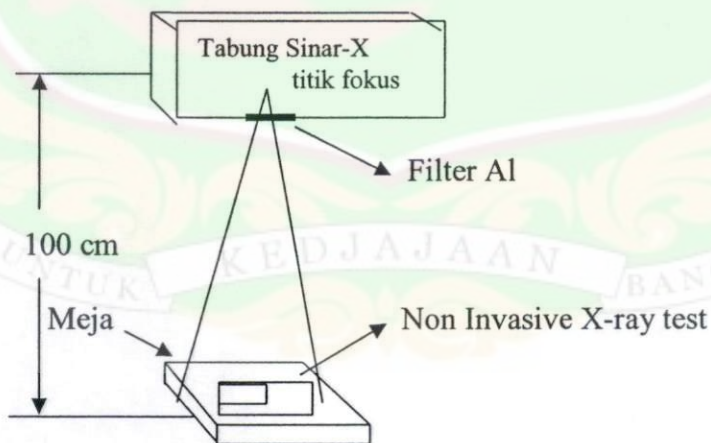
Pada dasarnya skema pengukuran linieritas keluaran radiasi pada berbagai kondisi arus sama halnya dengan skema pengukuran akurasi tegangan, pada pengukuran ini diambil data sebanyak 2 kali pengukuran dengan kondisi tegangan 28 kV dan kondisi arus yang berbeda yaitu 14 mAs dan 28 mAs. Nilai arus maksimum pada pesawat mammografi adalah berkisar antara 14 mAs sampai 150 mAs.

Hasil pengukuran linieritas keluaran radiasi pada pesawat mammografi didapatkan dengan melakukan pengurangan antara nilai arus terukur pada kondisi kedua dengan nilai arus terukur pada kondisi pertama, kemudian dibagi dengan penambahan nilai arus terukur pada kondisi kedua dengan nilai arus terukur pada kondisi pertama. Variasi perubahan arus dinyatakan dalam satuan miliGray per miliAmperesekon (mGy/mAs).

4. Pengukuran kualitas berkas radiasi

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Non Invasive X-Ray Test* dengan jarak 100 cm dari sumber sinar-X. Pengukuran ini dioperasikan pada tegangan 28 kV dan arus 14 mAs. Pengukuran dilakukan melalui dua cara, yaitu tanpa filter dan menggunakan filter berupa lempeng aluminium dengan tebal 1 mm sampai 4 mm.

Pengukuran dimulai pada HVL 4 mm dan dibandingkan dengan hasil pengukuran tanpa filter. Apabila pembacaan dengan menggunakan filter 4 mm ini lebih kecil dari 50 % dibandingkan tanpa filter, maka diukur pada filter lainnya, yaitu 1 mm, 2 mm, dan 3 mm sampai didapatkan nilai paparan setengah dari paparan tanpa filter. Adapun skema pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 3.12.

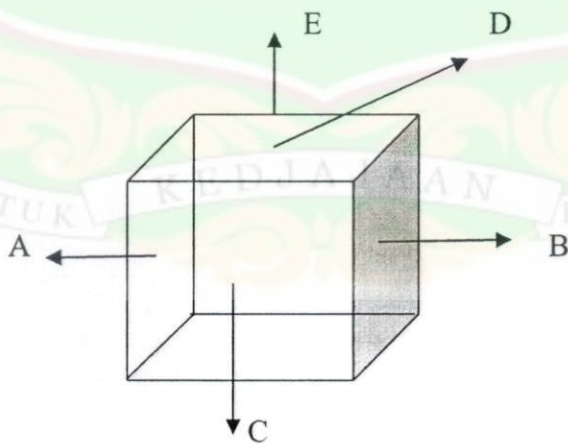


Gambar 3.12 Skema Pengukuran Kualitas Berkas Radiasi dengan Filter Al

5. Uji kebocoran tabung sinar-X pada pesawat mammografi

Pengukuran ini dilakukan dengan memasang TLD-100 pada beberapa titik yang dekat dengan sumber sinar-X, yaitu bagian samping kanan, samping kiri, bawah, atas, depan dan belakang dari sumber sinar-X pada tabung mammografi tersebut. Pengukuran dioperasikan pada tegangan yang paling tinggi yang biasa digunakan oleh operator ditambah 10 kV, dengan mAs terbesar. Jarak sumber ke tepi masing-masing TLD-100 diukur dan dicatat. Kemudian dilakukan penyinaran terhadap TLD-100 tersebut sebanyak 4 kali penyinaran.

Hasil ini akan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan Non Invasive X-Ray Test yang disinari sebanyak satu kali baik sebelum pemasangan TLD-100 ataupun setelah melepaskan kembali TLD-100. Adapun skema dari pemasangan TLD-100 untuk mengukur kebocoran tabung sinar-X ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Skema Pengukuran Kebocoran Tabung Sinar-X

Keterangan :



= Tabung Sinar-X

C = Depan Tabung

A = Samping kanan

D = Atas Tabung

B = Samping kiri

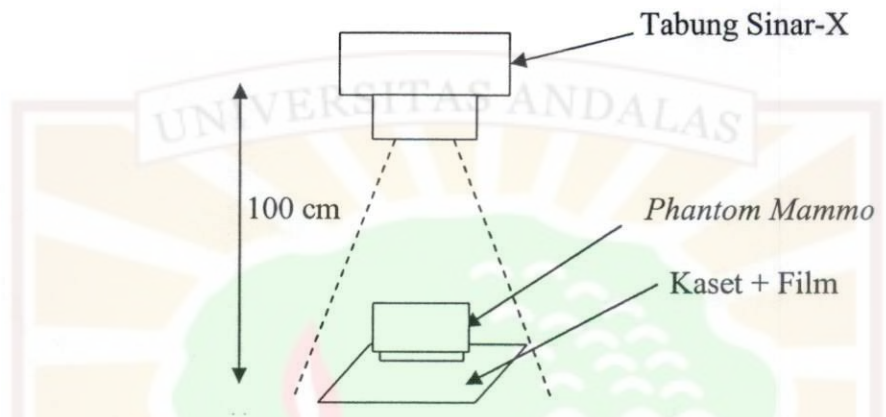
E = Belakang Tabung

6. Kualitas citra pesawat mammografi dengan *Phantom Mammo*

Pengujian kualitas citra dilakukan dengan menggunakan alat *Mammographic Accreditation Phantom* yang diletakan pada meja kompresor yang kemudian *phantom* dipapari sinar-X dengan kondisi penyinaran yang dipakai 28 kV dan 25 mAs, beserta filmnya yang dilakukan pada jarak 100 cm dari sumber sinar-X, sehingga diperoleh citra dengan kontras dan ketajaman yang cukup baik (tingkat kehitaman sekitar).

Kondisi tegangan kerja yang digunakan adalah kondisi tegangan kerja berdasarkan pengukuran bukan tegangan kerja dari panel. Kondisi penyinaran kV dan mAs yang dipilih sesuai dengan kondisi yang memberikan resolusi dan kontras yang cukup pada citra *phantom*. Perbandingan kualitas citra dilakukan dengan membandingkan perbedaan nilai kontras yang dihasilkan oleh pesawat mammografi. *Mammography Quality Standards Act (MQSA)* mengeluarkan standar untuk kualitas image yang baik adalah tampak sekurangnya 4 fiber, 3 group klasifikasi, dan 3 massa. Hasil pencitraan dari paparan dapat dilihat pada film yang diletakkan di bawah *Phantom Mammo*.

Adapun skema dari pengujian kualitas citra pada pesawat mammografi ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Skema Pengujian Citra Pesawat Mammografi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Compliance Test*

Compliance Test adalah jaminan kualitas dan kendali kualitas sebagai salah satu upaya proteksi terhadap pasien. Sebelum pesawat mammografi digunakan, pesawat tersebut harus menunjukkan kinerja atau fungsi yang baik, sehingga hasil akan lebih optimal dan memenuhi standar proteksi radiasi, untuk itu telah dilakukan berbagai *Compliance Test* antara lain:

4.1.1 Pengukuran *Entrante Surface Dose* (ESD) pada pasien mammografi

Pengukuran nilai ESD dilakukan dengan mengatur tegangan (kVp) dan arus waktu (mAs). Semakin tebal payudara pasien, maka semakin besar juga tegangan dan arus yang digunakan. Pengukuran ini memberikan informasi tentang nilai ESD yang diterima pasien mammografi. Pengukuran nilai ESD dilakukan dengan dua proyeksi yaitu *Cranio Caudal* (CC) dan *Medio Lateral Oblique* (MLO). Dalam penentuan hasil dilakukan perbandingan data sebagai berikut:

1. Perbandingan nilai ESD antara proyeksi CC terhadap MLO.
2. Perbandingan nilai ESD terhadap dosis standar yang dikemukakan pada jurnal tentang *Quality Control Programme in Mammography* yang diterbitkan oleh *The British Journal of Radiology* tahun 1997.

Semakin besar nilai tegangan (kVp) dan arus waktu (mAs) maka semakin besar nilai dosis radiasi ESD yang diterima pasien, sedangkan semakin kecil nilai

tegangan (kVp) dan arus waktu (mAs) maka semakin kecil nilai dosis radiasi ESD yang diterima pasien mammografi. Nilai ESD dihitung menggunakan persamaan (3.2). Nilai ESD yang diterima pasien yang menjalani mammografi ditunjukkan pada Tabel 4.1.

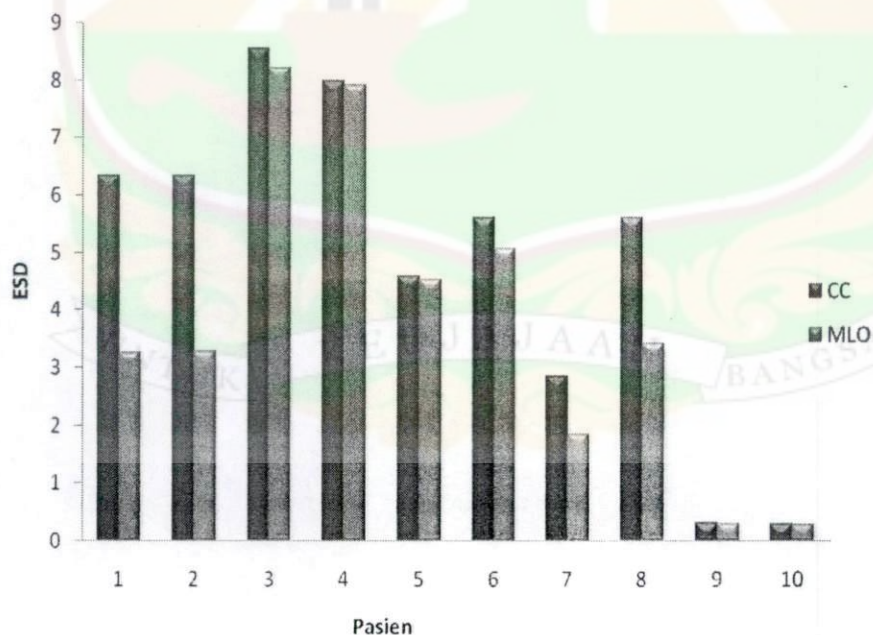
Tabel 4.1 Nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) Pada pasien Mammografi

No Tld	Usia (Thn)	BB (Kg)	Teg (kVp)	Arus waktu (mAs)	Bag Organ	Tebal Payudara (cm)	Pro yeksi	Respon Rerata (nC)	ESD (mSv)
1	35	55	32	28	Kanan	5	CC	11,951	6,35
			32	28	Kiri	5	CC	11,951	6,35
2	40	58	27	32	Kanan	3	MLO	6,123	3,25
			27	32	Kiri	3,5	MLO	6,151	3,27
3	40	40	33	32	Kanan	5,5	CC	16,093	8,56
			33	32	Kiri	5,5	CC	15,045	8
4	46	50	33	32	Kanan	5	MLO	15,459	8,22
			33	32	Kiri	5	MLO	14,874	7,91
5	45	50	28	25	Kanan	3,4	CC	8,620	4,58
			30	32	Kiri	4	CC	10,571	5,62
6	42	58	29	28	Kanan	4,5	MLO	8,504	4,52
			30	28	Kiri	4,7	MLO	9,545	5,07
7	42	67	27	32	Kanan	2,5	CC	5,393	2,86
			27	32	Kiri	3	CC	10,582	5,62
8	41	58	29	40	Kanan	4,5	MLO	3,471	1,84
			29	40	Kiri	4	MLO	6,441	3,42
9	42	54	29	28	Kanan	4	CC	0,593	0,31
			29	28	Kiri	4,2	CC	0,562	0,29
10	44	55	27	24,8	Kanan	4,5	MLO	0,580	0,3
			27	24,8	Kiri	5	MLO	0,564	0,28

Pada jurnal dengan judul *Quality Control Programme in Mammography : second level quality controls* yang dikemukakan oleh E. Nassivera dan L.Nardin yang diterbitkan oleh *The British Journal of Radiology* tahun 1997 dinyatakan

bahwa nilai batas *Entrance Surface Dose* (ESD) yang bisa diterima adalah < 12 mGy. Dari Tabel 4.1 didapatkan bahwa nilai dosis radiasi yang diterima pasien mammografi bervariasi dan berada masih di bawah dosis standar yang ditetapkan, yaitu berkisar 0,28 mGy sampai 8,22 mGy sehingga tidak membahayakan bagi pasien yang menjalani pemeriksaan mammografi.

Apabila penerimaan dosis radiasi yang diterima pasien mammografi berada di atas 12 mGy, diharapkan kepada operator untuk mengatur nilai tegangan dan arus yang akan digunakan sehingga tidak membahayakan bagi pasien mammografi. Dari perbandingan nilai ESD pada pasien mammografi antara *Cranio Caudal* (CC) dan *Medio Lateral Oblique* (MLO) diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan ESD proyeksi CC dan MLO

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai dosis radiasi terbesar yang diterima adalah pada pasien ketiga karena payudara pasien ini lebih tebal dibandingkan dengan payudara pasien lainnya maka tegangan (kVp) dan arus waktu (mAs) yang diberikan juga lebih besar sehingga dosis radiasi yang diterima pasien lebih besar. Dari perbandingan antara proyeksi *Cranio Caudal* (CC) dan *Medio Lateral Oblique* (MLO) menunjukkan bahwa secara umum dosis radiasi yang diterima pasien mammografi pada proyeksi CC lebih besar dari pada proyeksi MLO.

Hal ini disebabkan karena pada proyeksi CC pasien mammografi secara langsung berhadapan dengan tabung sinar-X, sementara pada posisi MLO dilakukan dengan teknik menyamping dan keluaran dari radiasi pada tabung sinar-X berada agak jauh dari posisi pasien sehingga radiasi yang diterima pasien mammografi lebih kecil.

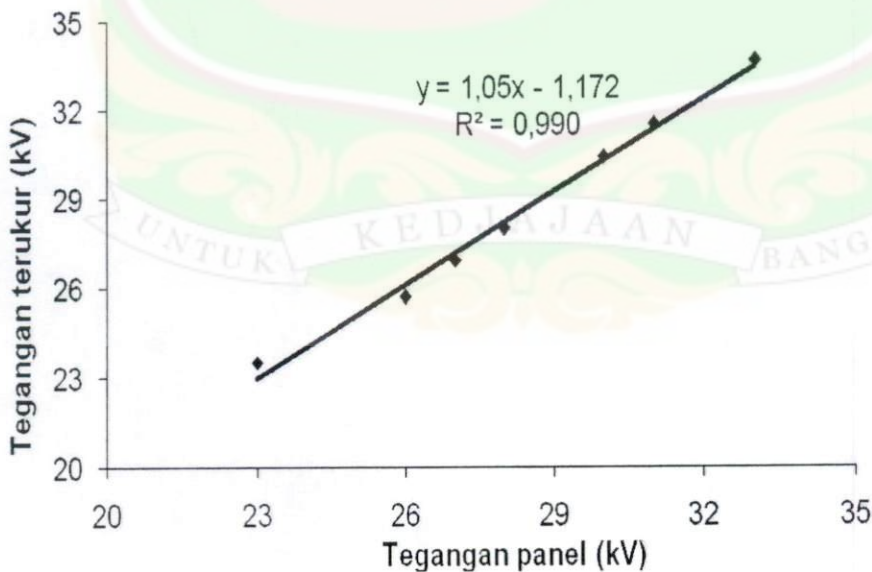
4.1.2 Pengukuran Akurasi Tegangan Pada Pesawat Mammografi

Hasil pengukuran akurasi tegangan pada pesawat mammografi didapat kan dengan melakukan pengurangan antara nilai tegangan terukur dengan nilai tegangan panel, kemudian hasilnya yang didapatkan dibagi dengan nilai tegangan panel. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Akurasi Tegangan Pada Pasawat Mammografi

No.	Tegangan Panel (kV)	Tegangan Terukur (kV)	$\left \frac{kV_{\text{terukur}} - kV_{\text{panel}}}{kV_{\text{panel}}} \right $	Nilai Toleransi (%)
1	23	23,53	$2,30 \times 10^{-2}$	2,3
2	26	25,72	$1,07 \times 10^{-2}$	1,07
3	27	26,93	$0,25 \times 10^{-2}$	0,25
4	28	28,03	$0,10 \times 10^{-2}$	0,1
5	28	28,04	$0,14 \times 10^{-2}$	0,14
6	30	30,46	$1,53 \times 10^{-2}$	1,53
7	31	31,57	$1,83 \times 10^{-2}$	1,83
8	33	33,65	$1,96 \times 10^{-2}$	1,96
Rata-Rata			$1,15 \times 10^{-2}$	1,15

Dan dari tabel tersebut dapat dibuat kurva hubungan antara tegangan terukur dengan tegangan panel, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva hubungan antara tegangan panel dengan tegangan terukur

Dari Tabel 4.2 menunjukkan bahwa akurasi tegangan kerja pesawat mammografi adalah 1,15 %, dimana nilai tersebut masih berada dibawah batas toleransi yang diberikan yaitu 10% (Health Departement of Western australia, 2000). Gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara tegangan panel dengan tegangan terukur berupa hubungan yang linier antara kedua tegangan, hal ini berarti bahwa nilai keluaran berubah sesuai dengan perubahan nilai pada panel. Jika tegangan panel besar, maka keluaran yang dihasilkan juga semakin besar.

4.1.3 Pengukuran Linieritas Keluaran Pada Berbagai Kondisi Arus

Hubungan antara kondisi panel dengan kondisi terukur sangat berpengaruh terhadap paparan radiasi yang akan diterima oleh pasien. Pengukuran dilakukan pada set tegangan 28 kV, dan perkalian arus dan waktu yang berbeda yaitu 14 mAs dan 28 mAs. Variasi perubahan arus dinyatakan dalam satuan miliGray per miliAmpersekond (mGy/mAs). Hasil pengukuran linearitas keluaran pada pesawat mammografi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Linieritas Arus Mammografi

No	Kondisi Panel		Pengukuran		Variasi perubahan arus (mGy/mAs)	Linieritas keluaran
	kV	mAs	kV	Paparan (mR)		
1	28	28	28,03	438,5	2657	0,0064
2	28	14	28,04	216,5	1411	

Dari Tabel 4.4, tampak bahwa semakin besar arus yang diberikan maka paparan yang dihasilkan juga semakin besar. Nilai linieritas keluaran arus dari

pesawat mammografi adalah 0,0064 dimana nilai tersebut masih dibawah nilai batas toleransi yaitu 0,1 (Health Departement Of Western Australia, 2000), ini berarti pesawat mammografi tersebut masih menghasilkan keluaran arus yang konsisten dengan paparannya. Jika linieritas keluaran yang dihasilkan oleh pesawat mammografi melebihi batas yang diberikan berarti perubahan arus tidak konseisten dengan tegangan, waktu atau paparan, untuk linieritas yang melebihi batas toleransi, hendaknya menghindari pemakaian arus pada kondisi tersebut.

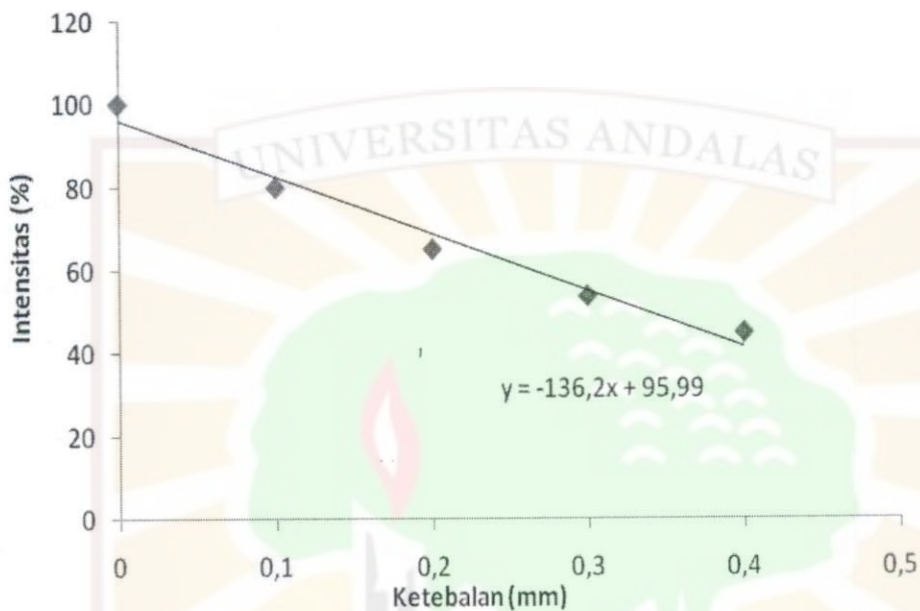
4.1.4 Pengukuran Kualitas Berkas Radiasi

Kualitas berkas radiasi ini terlihat dari paparan yang terukur untuk setiap pemasangan pemakaian filter tambahan. Pengukuran ini dilakukan dengan cara memberikan filter tambahan didepan kolimator dengan tebal 0,1 mm sampai 0,4 mm pada tegangan panel 28 kV dan arus 14 mAs. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.4 dengan menggunakan persamaan (2.5).

Tabel 4.4 Paparan pesawat mammografi.

NO.	Filter Al (mm)	Paparan (mR)	Intensitas (%)
1	0	216,5	100,00
2	0,1	173	79,90
3	0,2	141	65,12
4	0,3	116,5	53,81
5	0,4	97,3	44,94

Dan dari tabel tersebut dapat dibuat kurva hubungan antara intensitas radiasi dengan ketebalan filter. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kurva hubungan antara intensitas radiasi dan ketebalan filter

Dengan adanya filter, maka paparan yang dihasilkan semakin berkurang sehingga dapat ditentukan nilai HVL dari pesawat mammografi, sebab dengan pengurangan paparan berarti pengurangan radiasi yang akan diterima oleh pasien. Dari nilai HVL ini dapat diketahui daya tembus sinar-X pada tabung. Semakin besar nilai HVL yang dihasilkan, maka daya tembus sinar-X semakin baik, sehingga citra yang dihasilkan oleh pesawat semakin bagus.

Untuk mendapatkan nilai HVL dibuat grafik hubungan antara intensitas dan ketebalan, sehingga didapatkan persamaan garisnya, kemudian dicari ketebalan yang menghasilkan intensitas 50 %, nilai inilah yang disebut HVL. Dari Gambar 4.3 didapatkan persamaan garis yaitu $y = -136,2x + 95,996$ diperoleh

nilai HVL sebesar 0,30 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai HVL yang digunakan pada pesawat sudah memenuhi nilai batas toleransi.

4.1.5 Kebocoran Tabung Sinar-X pada Pesawat Mammografi

Pengukuran dilakukan pada kondisi tegangan kerja maksimum dengan memasang TLD di sekitar tabung sinar-X. Pengukuran ini menghasilkan nilai laju kebocoran radiasi tabung sinar-X. Laju kebocoran tabung sinar-X yang dihasilkan tidak boleh melebihi 1 mGray /jam dalam jarak 1 m (Health Departement of Western Australia, 2000). Hasil pengukuran laju kebocoran tabung sinar-X dapat dilihat pada Tabel 4.5 yang menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7).

Tabel 4.5 Intensitas radiasi kebocoran tabung sinar-X pesawat mammografi

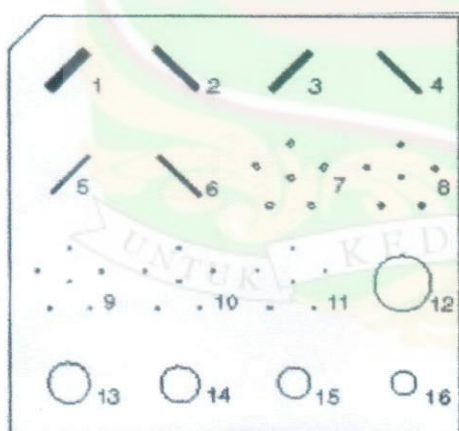
Posisi	Jarak Fokus ke titik (d_1) (cm)	No TLD	Bacaan Rerata (nC)	Laju Bocor dititik (D^*) (mGy/jam)	Laju Bocor (D_2) (mGy/jam-1m)
A	9	22	0,147	107,45	0,87
B	9	23	0,063	29,30	0,23
C	10	24	0,05	17,21	0,17
D	52	25	0,077	42,32	11,44
E	14	26	0,065	31,16	0,610

Pada tabel 4.5 tampak bahwa laju kebocoran radiasi tabung sinar-X pada pesawat berkisar antara 0,23 mGy/jam-1m sampai 11,44 mGy/jam-1m. Laju kebocoran tabung umumnya masih berada dibawah nilai estándar yang telah ditetapkan yaitu 1mGray/jam, kecuali pada posisi D (belakang) tabung sinar-X yang melebihi batas nilai toleransi. Untuk posisi D perlu diadakan penambahan

pelindung disekitar tabung sinar-X untuk menghindari paparan yang berlebihan yang akan diterima operator dan pasien. Jika terjadi kebocoran pada tabung, maka secara otomatis produksi sinar-X dalam tabung ini akan memancarkan panas dan radiasi yang berlebih sehingga paparan yang dihasilkan semakin besar.

4.2.3 Kualitas Citra Pesawat Mammografi

Menurut standar yang dikeluarkan oleh pabrik Phantom RMI 156 Gammex yang digunakan pada penelitian ini kriteria citra yang baik harus terlihat minimal objek no 4 (fiber), 9 (kalsifikasi) dan 14 (massa). Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa kualitas citra dari pesawat mammografi menggunakan *phantom mammo* masih menunjukkan standar yang bagus, dimana pada hasil film terlihat 4 fiber, 3 group klasifikasi dan 4 massa sehingga pesawat mammografi tersebut masih layak untuk digunakan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Mammographic Accreditation
Phantom RMI 156



Foto hasil uji kualitas citra

Gambar 4.4. Hasil uji kualitas *image*

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

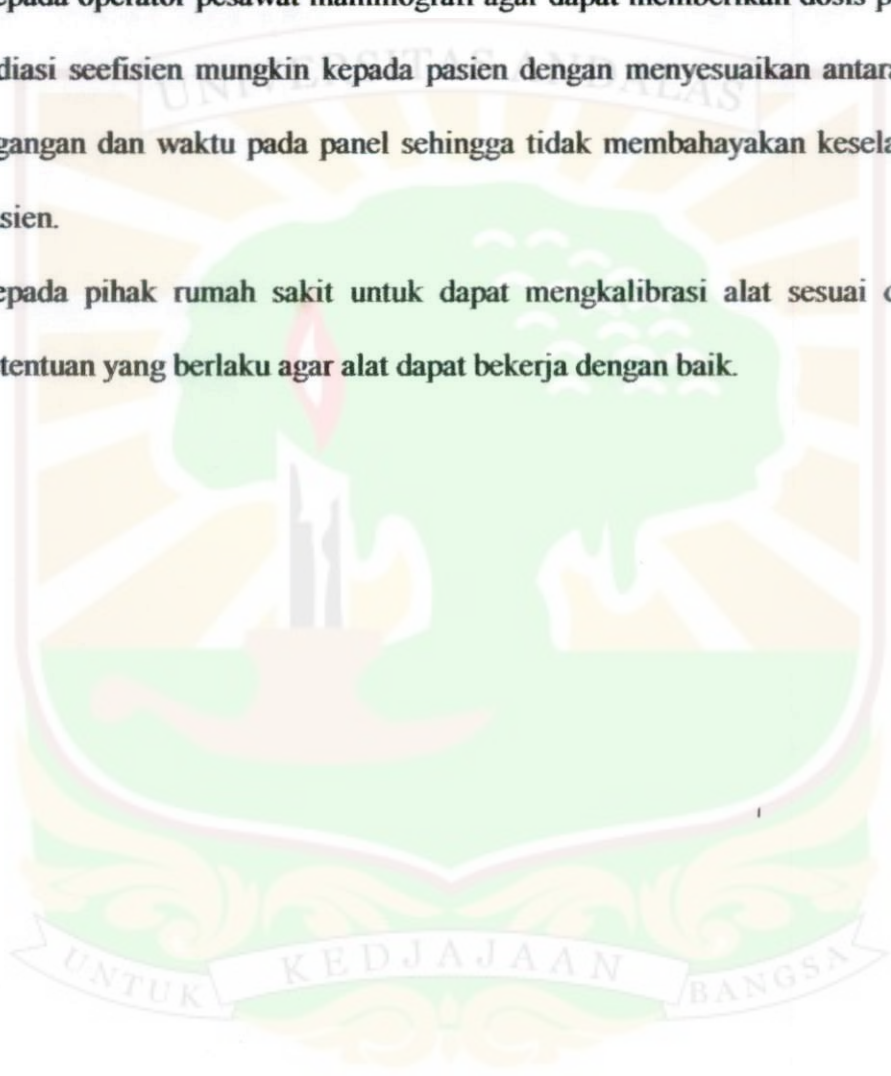
Dalam penelitian ini dilakukan *Compliance Test* yang terdiri dari dua kategori pengukuran, yaitu pengukuran *Entrance Surface Dose* (ESD) pada pasien dan pengukuran pada keluaran tabung sinar-X pesawat mammografi yang meliputi pengukuran akurasi tegangan, linieritas keluaran radiasi pada berbagai kondisi arus, pengukuran kualitas berkas radiasi, pengukuran kebocoran tabung sinar-X, serta kualitas citra menggunakan *Phantom mammo*. Penelitian ini dilakukan di RSUP dr. M. Djamil Padang. Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai ESD pasien saat melakukan mammografi pada penelitian ini berkisar antara 0,28 mGy sampai 8,56 mGy, dimana masih di bawah nilai batas dosis yang telah dikemukakan oleh E. Nassivera dan L. Nardin dalam Jurnal *Quality Control Programme in mammography : second level quality controls* yang diterbitkan oleh *The British Journal of Radiology* tahun 1997 dinyatakan bahwa nilai batas *Entrance Surface Dose* yang bisa diterima adalah < 12 mGy.
2. Dari beberapa penerapan *Compliance Test* yang dilakukan pada pesawat Mammografi Nova Mammomat 1000 Siemens AG menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan masih dalam nilai batas yang ditentukan sehingga masih layak untuk digunakan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diharapkan:

1. Bagi peneliti selanjutnya untuk lebih memvariasikan besaran yang digunakan dan pesawat mammografi yang digunakan.
2. Kepada operator pesawat mammografi agar dapat memberikan dosis paparan radiasi seefisien mungkin kepada pasien dengan menyesuaikan antara arus, tegangan dan waktu pada panel sehingga tidak membahayakan keselamatan pasien.
3. Kepada pihak rumah sakit untuk dapat mengkalibrasi alat sesuai dengan ketentuan yang berlaku agar alat dapat bekerja dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M., 2000, Dasar-dasar Proteksi Radiasi, Rineka Cipta, Jakarta.
- Beiser, A., 1987, *Konsep Fisika Modern*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Bushberg, JT, Seibert, JA, Leidholdt, EM Jr., Boone, JM, "The Essential Physics of Medical Imaging" Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, 1994.
- E.Nassivera & L. Nardin, Quality Control Programme : *Second Level Quality Control*, Department of Medical Physics, S. Chiara Hospital, Trento, Italy, The British Journal of Radiology 70, 1997.
- Health Departement of Western Australia, 2000, *Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing*. Radiation Safety Act 1975. Workbook 1. Mobile Radiographic Equipment. Radiological Council. Australia.
- Health Departement of Western Australia, 2000, *Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing*. Radiation Safety Act 1975. Workbook 4. Fluoroscopic Equipment. Radiological Council. Australia.
- Isaacs, A. 1990. Kamus Lengkap Fisika Oxford. Erlangga: Jakarta.
- Kaplan, I. 1979. *Nuclear Physics*. 2nd. Addison-Wesley Publishing Company. London.
- Moulder, J., 2004, Power Lines and Cancer FAQs. [http://www.mcw.edu.com/Power Lines and Cancer FAQs.htm](http://www.mcw.edu.com/Power%20Lines%20and%20Cancer%20FAQs.htm), diakses 3 Maret 2009
- Sismar. 2006, *Karakteristik Berkas Sinar Pesawat Radiodiagnostik Konvensional dan Modifikasi Berkas Untuk Optimasi Paparan Pesawat Pada Beberapa RumahSakit di Sumatera Barat*. Skripsi S-1. Jurusan FMIPA UA. Padang.
- Sprawls, P., 1987, *The Physical Principles of Medical Imaging*. [http://www.sprawls.org/X-ray Production](http://www.sprawls.org/X-ray%20Production), diakses 02 Februari 2009.
- Wardeni, H., 2005, *Karakterisasi Berkas Sinar Pesawat Radiodiagnostik Konvensional Fototoraks dan Modifikasi Berkas Untuk Optimasi Paparan Pesawat di RS DR. M. Djamil Padang*. Skripsi S-1. Jurusan Fisika FMIPA UA. Padang.
- Yubhar, Y., 2007, *Evaluasi Dosis Glandular dalam Pemeriksaan Mammografi di RumahSakit Kanker Dharmais Jakarta*. Skripsi S-1. Jurusan Fisika FMIPA UI. Depok Jakarta.

LAMPIRAN 1

Data perhitungan TLD-100 pada pasien mammografi

No Tld	Usia (Thn)	Teg (kVp)	Arus (mAs)	Bag Organ	Tebal Payudara (cm)	Proyeksi	Respon (nC)	Respon Rerata (nC)	FK (mSv/nC)
1	35	32	28	Kanan	5	CC	11,468 12,53 11,857	11,951	0,532
2	35	32	28	Kiri	5	CC	11,847 11,652 12,354	11,951	0,532
3	40	27	32	Kanan	3	MLO	6,019 5,657 6,676	6,123	0,532
4	40	27	32	Kiri	3,5	MLO	5,185 6,421 6,857	6,151	0,532
5	40	33	32	Kanan	5,5	CC	16,246 16,159 15,874	16,093	0,532
6	40	33	32	Kiri	5,5	CC	15,156 15,755 14,226	15,045	0,532
7	46	33	32	Kanan	6	MLO	15,287 14,753 16,337	15,459	0,532
8	46	33	32	Kiri	6	MLO	14,162 15,545 14,917	14,874	0,532
9	45	28	25	Kanan	3,4	CC	8,587 8,632 8,643	8,620	0,532
10	45	30	32	Kiri	4	CC	10,533 10,744 10,436	10,571	0,532
11	41	29	28	Kanan	4,5	MLO	8,554 8,056 8,902	8,504	0,532

No Tld	Usia (Thn)	Teg (kVp)	Arus (mAs)	Bag Organ	Tebal Payudara (cm)	Proyeksi	Respon (nC)	Respon Rerata (nC)	FK (mSv/nC)
12	41	30	28	Kiri	4,7	MLO	10,051 9,278 9,307	9,545	0,532
13	42	27	32	Kanan	2,5	CC	5,261 5,768 5,151	5,393	0,532
14	42	27	32	Kiri	3	CC	10,912 10,639 10,193	10,581	0,532
15	41	29	40	Kanan	6,5	MLO	10,127 9,627 10,414	3,471	0,532
16	41	29	40	Kiri	6	MLO	6,786 6,194 6,365	6,441	0,532
17	42	29	28	Kanan	4	CC	0,568 0,621 0,592	0,593	0,532
18	42	29	28	Kiri	4,2	CC	0,591 0,546 0,592	0,562	0,532
19	42	27	24,8	Kanan	4,5	MLO	0,615 0,565 0,567	0,580	0,532
20	42	27	24,8	Kiri	5	MLO	0,534 0,585 0,574	0,564	0,532



Lampiran 2

Data perhitungan TLD-100 pada beberapa akurasi pesawat mammografi

No	No TLD	Posisi TLD	Respon (nC)	Respon Rerata (nC)
1	21	Phantom mammo	7,701 7,134 6,555	7,13
2	22	Kiri tabung	0,047 0,049 0,051	0,049
3	23	Kanan tabung	0,061 0,067 0,064	0,063
4	24	Depan tabung	0,057 0,051 0,040	0,05
5	25	Belakang tabung	0,097 0,037 0,099	0,07
6	26	Atas tabung	0,054 0,048 0,083	0,062
7	27	Bawah tabung	3,966 3,873 3,678	3,838

Lampiran 3

Perhitungan nilai ESD pada pasien mammografi

1. Untuk TLD-100 no 1

Mencari rata-rata TL bersih

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata TL bersih} &= (\text{TL bersih chip pertama} + \text{TL bersih chip kedua} + \\ &\quad \text{chip ketiga}) : 3 \\ &= (11,468 \text{ nC} + 12,53 \text{ nC} + 11,857 \text{ nC}) : 3 \\ &= 11,951 \text{ nC}\end{aligned}$$

2. Mencari nilai dosis radiasi

Faktor kalibrasi = 0,532 mSv/nC

$$\begin{aligned}\text{Dosis radiasi} &= \text{rata-rata TL bersih} \times \text{faktor kalibrasi} \times \text{faktor koreksi} \\ &= 11,951 \text{ nC} \times 0,532 \text{ mSv/nC} \\ &= 6,35 \text{ mSv}\end{aligned}$$

Jadi dosis yang diterima pasien yaitu 6,35 mSv.

Lampiran 4

Perhitungan beberapa akurasi pada pesawat mammografi

Perhitungan Akurasi tegangan pesawat mammografi

$$\left| \frac{kV_{\text{terukur}} - kV_{\text{panel}}}{kV_{\text{panel}}} \right| = \left| \frac{33,65 - 33}{33} \right| = 1,96 \times 10^{-2} V$$

Jadi akurasi tegangan pada pesawat mammografi yaitu $1,96 \times 10^{-2} V$

Perhitungan Linieritas keluaran pada berbagai kondisi arus

$$\left| \frac{X_2 - X_1}{X_2 + X_1} \right| \leq 0,1 = \frac{|216,5/14 - 438,5/28|}{216,5/14 + 438,5/28} = \frac{|15,46 - 15,66|}{15,46 + 15,66} = 0,0064$$

Jadi linieritas keluaran pada berbagai kondisi arus yaitu = 0,0064

Perhitungan Kualitas berkas radiasi

1. Untuk mendapatkan nilai intensitas

Jika tebal filter = 0, maka intensitas dianggap 100 %

Jika tebal filter = 0,1, maka :

$$\frac{173}{216,5} \times 100\% = 0,790 \times 100\% = 79,90\%$$

Jadi intensitas pada ketebalan filter 0,1 mm yaitu 79,90 %

2. Untuk mencari nilai HVL

Dari Gambar 4.3 didapatkan persamaan garis $y = -136,2x + 95,99$

$$Y = -136,2x + 95,99$$

$$50 = -136,2x + 95,99$$

$$X = -136,2x + 95,99$$

$$-45,99 = -136,2x$$

$$x = -45,9 / -136,2$$

$$x = 0,30 \text{ mm}$$

Jadi nilai HVL dari pesawat mammografi yaitu 0,30 mm

Perhitungan Kebocoran tabung sinar-X pada mammografi

Untuk mendapatkan laju kebocoran tabung sinar-X pada mammografi di titik ditentukan dengan:

$$D_1 = \text{Bacaan TLD} \times FK \times F_{c.en} \times \frac{3600}{t}$$

$$D_1 = (0,147 - 0,0315) \times 0,532 \times 0,60 \times \frac{3600}{4 \times 0,3088}$$

$$= 0,1155 \times 0,532 \times 0,60 \times 2914,5$$

$$= 107,45 \text{ mGy/jam}$$

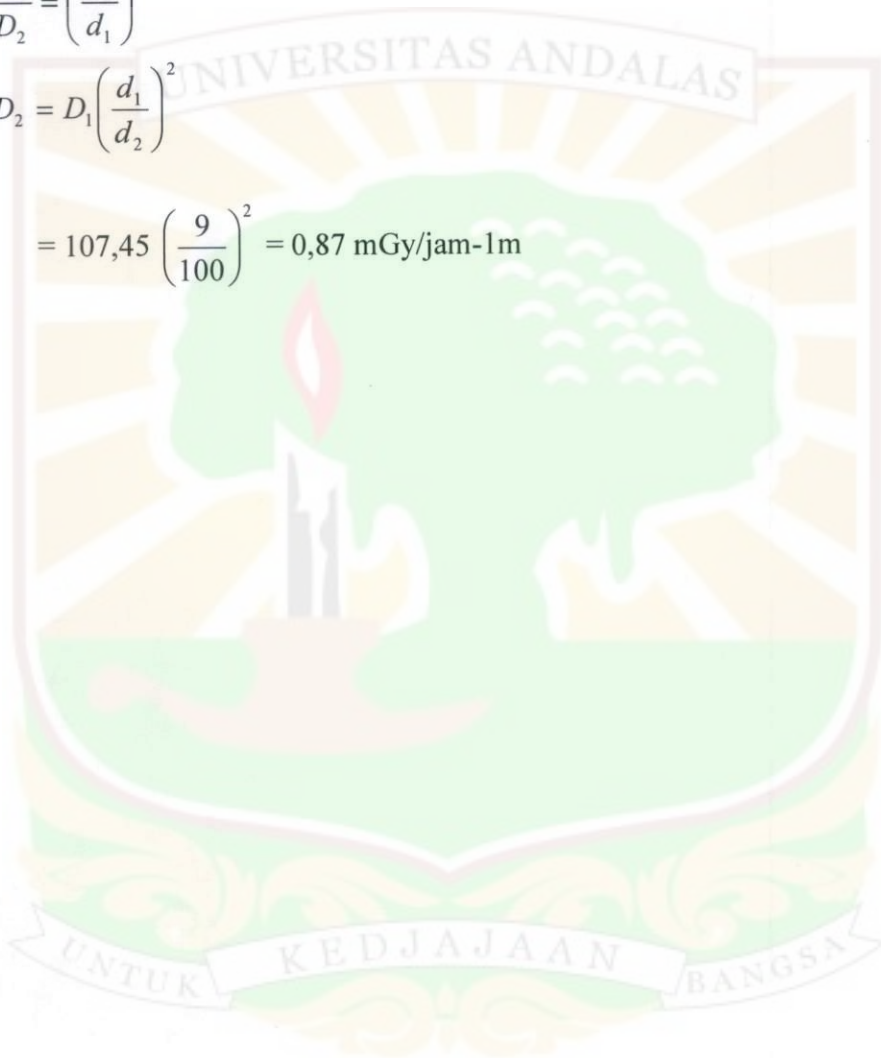
Sedangkan untuk mendapatkan laju kebocoran tabung sinar-X dalam jarak 1

m dapat ditentukan dengan:

$$\frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

$$D_2 = D_1 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

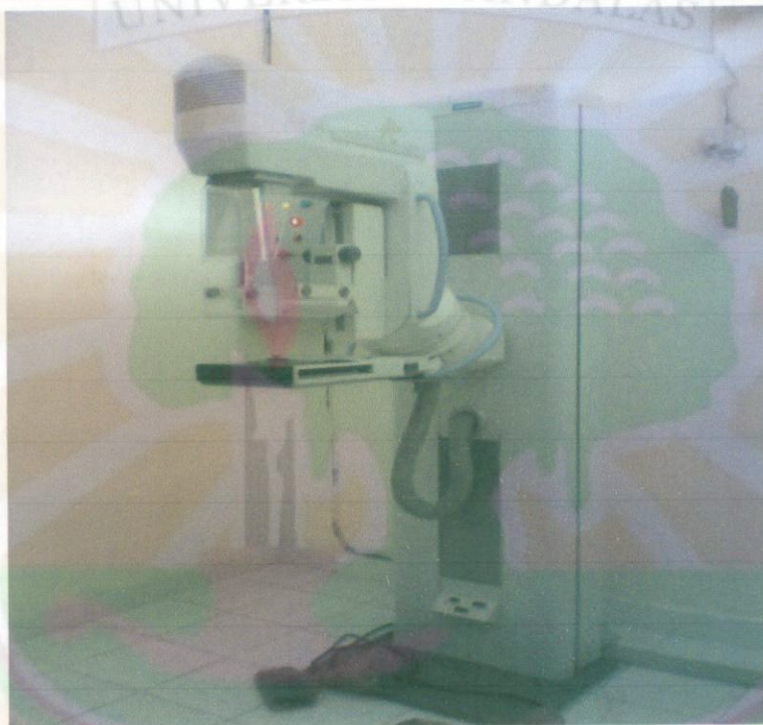
$$= 107,45 \left(\frac{9}{100} \right)^2 = 0,87 \text{ mGy/jam-1m}$$



Lampiran 5

Pesawat Mammografi yang digunakan diruang Radiodiagnostik RSUP dr. M.

Djamil Padang



Nama : Pesawat Mammografi Nova Mammomat 1000
Model : Siemens AG IEC 522
Buatan : Jerman
No Sumber : 1125314
Tanggal dipasang : 2 September 2005
Tegangan maximum : 23 kVp sampai 35 kVp
Arus maximum : 14 mAs sampai 150 mAs