

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Radiologi**

Radiologi adalah ilmu tentang pengobatan yang menggunakan sinar-X atau sinar radioaktif untuk mengetahui penyakit. Radiologi adalah cabang ilmu kedokteran yang berhubungan dengan penggunaan semua modalitas yang menggunakan energi radiasi pengion maupun non-pengion, untuk diagnosis dan prosedur terapi, dengan menggunakan radiologi, termasuk teknik pencitraan dan emisi radiasi dengan sinar-X, radioaktif, ultrasonografi dan radiasi radio frekuensi elektromagnetik oleh atom-atom (Yunus & Tenriyara, 2020).

Pelayanan radiologi klinik adalah pelayanan medik yang menggunakan semua modalitas yang menggunakan sumber radiasi pengion dan non pengion untuk diagnosis dan terapi dengan panduan imejing. Radiasi Pengion adalah gelombang elektromagnetik dan partikel bermuatan yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilaluinya. Pelayanan radiologi klinik diselenggarakan di fasilitas pelayanan kesehatan milik pemerintah pusat, pemerintah daerah, atau swasta. Pemeriksaan yang ada pada pelayanan radiologi antara lain foto rontgen konvensional, *Computed tomography* (CT-Scan), *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), Radioterapi, *Mammografi*, *Ultrasonografi* (USG) dan Panoramik (PERMENKES, 2020).

Sumber daya manusia pada pelayanan radiologi klinik terdiri dari dokter spesialis radiologi, radiografer, fisikawan medik, elektromedis, perawat dan tenaga administrasi. Semua sumber daya manusia yang ada di dalam radiologi memiliki

tugas yang berbeda serta kriteria tertentu. Dalam melakukan tugasnya semua petugas yang ada di dalam ruangan radiologi akan bekerja sama untuk meningkatkan pelayanan dan memberikan rasa aman serta nyaman terhadap semua orang yang ada di dalam lingkungan tersebut baik itu petugas ataupun pasien (PERMENKES, 2020).

## **2.2 Radiasi**

Radiasi adalah pancaran energi melalui suatu materi dalam bentuk panas, partikel atau gelombang elektromagnetik (foton) dari suatu sumber energi. Radiasi pengion adalah setiap radiasi yang mampu menghasilkan ion oleh interaksi dengan materi seperti sel pada tubuh manusia dan sinar-X merupakan salah satu radiasi pengion yang dimanfaatkan dalam berbagai bidang (Nugraheni et al., 2022).

### **2.2.1 Sinar-X**

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik, dimana dalam proses terjadinya memiliki energi yang berbeda beda. Perbedaan tersebut didasarkan pada energi kinetik elektron. Sinar-X yang terbentuk ada yang memiliki energi rendah sekali sesuai dengan energi elektron pada saat timbulnya sinar-X. Juga ada yang berenergi tinggi, yakni berenergi sama dengan energi kinetik elektron pada saat menumbuk target anode. Terbentuknya sinar-X dapat terjadi apabila partikel bermuatan, elektron misalnya, mengalami perlambatan yang diakibatkan adanya interaksi dengan suatu material (Zayadi & Prasetyo, 2016).

### **2.2.2 Proses Terjadinya Sinar-X**

Proses terjadinya sinar-X itu terjadi di dalam tabung sinar-X yang hampa udara. Di dalam tabung sinar X itu terdapat filamen pada katoda dan target pada

anoda. Terbentuknya sinar-X terjadi bermula ketika *filament* pada katoda dipanaskan oleh trafo *filament* sehingga terbentuknya awan-awan elektron, kemudian awan-awan elektron bergerak menuju target di anoda ketika di berikan beda potensial yang tinggi. Pada saat awan elektron menumbuk target terbentuklah energi panas sebesar 99% dan 1% sinar-X yang kemudian sinar-X tersebut akan keluar melalui window (Boddy, 2013).

### 2.3 Panoramik

Radiografi panoramik adalah pemeriksaan pada gigi yang menghasilkan gambar kedua rahang dan gigi-giginya pada satu film *ekstra-oral*. Pemeriksaan panoramik dapat digunakan untuk penilaian ortodontik terhadap ada/tidaknya gigi, deteksi dan penilaian *fraktur mandibula*, penilaian lesi patologis besar (misalnya kista, tumor, *osteodistrofi*) dan penilaian gigi molar ketiga sebelum operasi pencabutan (Stewart, 2005).



Gambar 2.1 Peralatan Panoramik  
(Sumber : Stewart, 2005)

#### 2.3.1 Prinsip Pembentukan Gambar Pada Panoramik

Peralatan panorama didasarkan pada gerakan rotasi simultan dari kepala tabung dan kaset/kereta film dalam arah yang sama tetapi berlawanan di sekitar

kepala pasien, yang tetap diam. Teknik ini menggunakan sinar-X vertikal dengan kolimasinya tertuju kepada kaset sehingga kaset dapat menerima gambar. Peningkatan dalam produksi gambar difokuskan pada penyempurnaan gerakan rotasi dan penentuan bentuk lapisan gambar yang tepat. Panoramik memiliki metode yang berbeda-beda untuk menghasilkan gambar. Namun, dari jenis gerakan rotasi yang digunakan pada panoramik, hasilnya adalah lapisan gambar elips dengan bentuk tiga dimensi (yaitu tinggi dan lebar) dalam bentuk lengkung gigi. Lapisan gambar ini disebut sebagai *focal trough* (Stewart, 2005).

### **2.3.2 Prosedur Pemeriksaan Panoramik**

Menurut Stewart (2005), prosedur pemeriksaan panoramik adalah sebagai berikut :

1. Pasien harus melepaskan semua benda *radioopak* yang dapat mengganggu gambaran seperti alat bantu dengar, anting, perhiasan pada bagian hidung, gigi palsu.
2. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan pasien berdiri atau duduk
3. Sesuaikan ketinggian mesin dengan pasien
4. Kaset berukuran 15 x 30 cm dimasukkan ke dalam tempat kaset.
5. Minta pasien untuk menggigit alur penahan gigitan. Pastikan gigi seri atas dan bawah berada di dalam alur. Pada pasien dengan *mandibula* yang menonjol dibandingkan dengan *maxilla* (misalnya pasien kelas III), setidaknya pastikan gigi seri atas berada di dalam alur.
6. Minta pasien untuk meletakkan dagunya pada penyangga dagu. Jika dagu tidak berada pada penyangga, atau jika kaset terlalu jauh di bawah rahang

bawah, maka sesuaikan untuk mencegah gambar diposisikan terlalu tinggi yang mengakibatkan hilangnya bagian atas rahang bawah.

7. Berdirilah di belakang pasien dan periksa kesimetrisan posisi. Jika diperlukan pegang bahu pasien untuk memastikan kesimetrisan posisinya.
8. Minta pasien untuk menutup bibirnya dan menekan lidahnya ke langit-langit mulut. Hal ini sangat penting karena jika tidak dilakukan, bayangan radiolusen gelap dari rongga udara di atas lidah akan mengaburkan puncak gigi rahang atas. Menutup bibir di sekitar blok gigitan mengurangi bayangan udara, yang dapat disalah artikan sebagai karies karena bayangan tersebut menutupi gigi di daerah premolar.
9. Lakukan *eksposure*
10. Waktu pemaparan bervariasi dari 12 hingga 20 detik

## 2.4 Dosimetri Radiasi

Dosimetri radiasi adalah suatu metode pengukuran kuantitas energi radiasi, baik berupa gelombang elektromagnet maupun arus partikel bermuatan yang dipancarkan oleh sumber radiasi pada titik geometris tertentu atau diserap oleh materi yang teriradiasi (Sains et al., 2015).

### 2.4.1 Dosis Serap

Menurut Akhadi M (2000), dosis serap didefinisikan sebagai energi rata-rata yang diserap bahan (dE) per satuan massa bahan tersebut (dm). Secara matematis dosis serap dituliskan persamaan :

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Keterangan :

D = Dosis Serap (Joule/kg atau Gray)

dE = Energi yang diserap bahan (Joule)

dm = massa bahan (kg)

Besaran dosis serap ini berlaku untuk semua jenis radiasi dan semua jenis bahan yang dikenai radiasi. Satuan dosis serap dalam SI adalah Joule/kg atau sama dengan Gray (Gy). Satuan lama dosis serap adalah rad (*radiation absorbed dose*). Satu rad adalah energi rata – rata sebesar 100 erg yang diserap bahan dengan massa 1 gram. 1 rad=100 erg/g sehingga 1 Gray (Gy) = 100 rad.

Menurut Nurulita (2023) untuk menentukan besarnya dosis radiasi yang diterima TLD dapat ditentukan dengan rumus:

$$D = TL \times FC$$

Keterangan :

D = Dosis yang diterima TLD (Gy)

TL = Bacaan intensitas TLD (nC)

FC = Faktor kalibrasi (mGy/nC)

Menurut Hossain (2022) untuk mendapatkan nilai faktor kalibrasi digunakan rumus sebagai berikut :

$$FC = \frac{\text{Dosis Standart =1}}{\text{Bacaan intensitas TLD}}$$

#### 2.4.2 Dosis Ekuivalen

Dosis ini menyatakan tentang suatu bilangan atau angka yang menggambarkan kemampuan dari radiasi untuk menimbulkan kerusakan pada suatu jenis organ atau jaringan. Dosis ekuivalen merupakan dosis serap yang

dikalikan dengan faktor bobot radiasi ( $W_r$ ). Faktor bobot radiasi ( $W_r$ ) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan kerapatan ionisasi dari berbagai jenis radiasi pada suatu organ tubuh. Apabila seseorang menerima dosis serap yang sama dari jenis radiasi yang berbeda maka akan memberikan efek biologi yang berbeda. Secara sistematis dosis ekuivalen ( $H$ ) dituliskan sebagai berikut :

$$H = D \times W_r$$

Keterangan :

$H$  = Dosis ekuivalen yang diterima organ (Sievert)

$D$  = Dosis serap yang diterima organ (Joule/kg atau Gray)

$W_r$  = Faktor bobot radiasi

Satuan dosis ekuivalen dalam SI adalah sievert (Sv) dan satuan lamanya adalah rem (*rad equivalent man*). Hubungan kedua satuan adalah 1 sievert (Sv) = 100 rem (Akhadi M, 2000).

Tabel 2.1 Faktor Bobot Radiasi untuk Beberapa Jenis dan Energi Radiasi

Jenis dan rentang energi radiasi	WR
Foton semua energi	1
Elektron dan muon, semua energi	2
Neutron dengan energi ( $E_n$ ):	
$E_n \leq 10$ keV	5
10 keV < $E_n \leq 100$ keV	10
100 keV < $E_n \leq 2$ MeV	20
2 MeV < $E_n \leq 20$ MeV	10
$E_n \geq 20$ MeV	5
Proton selain proton terpentil (recoil), energi > 2 MeV	5
Partikel $-\alpha$ , hasil belah, inti berat	20

Sumber. Akhadi M; 2000

### 2.4.3 Dosis Efektif

Menurut Akhadi M (2000), dosis efektif merupakan turunan dosis ekuivalen yang mempertimbangkan faktor bobot organ atau faktor bobot jaringan tubuh ( $W_T$ ).

Dosis efektif merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan resiko efek stokastik dari suatu jaringan tubuh. Hal ini disebabkan oleh perbedaan *sensitivitas* organ atau jaringan tersebut terhadap radiasi. Organ atau jaringan tubuh dengan nilai faktor bobot terbesar merupakan organ yang paling sensitif terhadap radiasi. Secara matematis dosis efektif dirumuskan yaitu sebagai berikut :

$$E_T = W_T \times H \text{ atau } E_T = W_T \times W_r \times D$$

Keterangan :

$E_T$  = Dosis efektif yang diterima organ (Sievert)

$W_T$  = Faktor bobot jaringan untuk berbagai organ tubuh

$H$  = Dosis ekuivalen (Sievert)

$W_r$  = Faktor bobot radiasi

$D$  = Dosis serap yang diterima organ (Joule/kg atau Gray)

Tabel 2.2 Faktor Bobot Jaringan Untuk Berbagai Organ Tubuh

Jenis Jaringan/Organ	Faktor Bobot ( $W_T$ )
Gonad	0,08
Sum-sum Tulang	0,12
Usus Besar	0,12
Paru-paru	0,12
Lambung	0,12
Kandung Kemih	0,04
Payudara	0,12
Hati	0,04
Tiroid	0,04
Kulit	0,01
Permukaan Tulang	0,01
Organ Sisa	0,12

Sumber. ICRP; 2007

Untuk menentukan keefektifan radiasi dalam memberikan efek terhadap lensa mata, maka faktor bobot radiasi untuk lensa mata masuk pada organ sisa yaitu sebesar 0,12 (ICRP, 2007).

## 2.5 Proteksi Radiasi

Proteksi Radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat Paparan Radiasi. Keselamatan Radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk melindungi pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya Radiasi (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2013). Tujuan dari keselamatan radiasi adalah mencegah terjadinya efek deterministik yang membahayakan dan mengurangi terjadinya efek stokastik serendah mungkin (Akhadi M, 2000).

Pemegang izin harus menyediakan perlengkapan proteksi radiasi yang digunakan selama pemeriksaan berlangsung untuk memastikan agar radiasi yang diterima tidak melampaui NBD yang telah ditetapkan. Peralatan proteksi radiasi yang diperlukan selama pemeriksaan adalah apron, tabir yang dilapisi Pb dan dilengkapi kaca Pb, kacamata Pb, sarung tangan Pb, pelindung tiroid Pb, pelindung ovarium dan/atau pelindung gonad Pb. Kacamata Pb berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi selama dilakukan pemeriksaan (BAPETEN, 2011).



Gambar 2.2 Kacamata Pb  
(Sumber : Aprilia M, 2023)

### 2.5.1 Asas-Asas Proteksi Radiasi

Asas proteksi radiasi terbagi menjadi tiga yaitu asas justifikasi, limitasi dan optimalisasi (Republik Indonesia, 2000).

#### 1. Asas Justifikasi atau Pembenaran

Asas ini menghendaki agar setiap kegiatan yang dapat mengakibatkan paparan radiasi hanya boleh dilaksanakan setelah dilakukan pengkajian yang cukup mendalam dan diketahui bahwa manfaat dari kegiatan tersebut cukup besar dibandingkan dengan kerugian yang dapat ditimbulkannya.

#### 2. Asas Optimalisasi

Asas ini menghendaki agar paparan radiasi yang berasal dari suatu kegiatan harus ditekan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial. Asas ini juga dikenal dengan sebutan ALARA atau *as low as reasonably achievable*. Dalam penyusunan program proteksi radiasi, asas optimalisasi berarti semua komponen program dipertimbangkan dengan seksama, termasuk tingkat biaya yang terjangkau. Suatu program proteksi dikatakan memenuhi asas optimisasi apabila semua komponen dalam program tersebut disusun dan direncanakan sebaik mungkin dengan memperhitungkan biaya yang dapat dipertanggung jawabkan secara ekonomi.

#### 3. Asas Pembatasan Dosis Perorangan

Asas ini menghendaki agar dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan tidak boleh melebihi nilai

batas yang telah ditetapkan oleh instansi yang berwenang. Dengan menggunakan program proteksi radiasi yang disusun secara baik, maka semua kegiatan yang mengandung risiko paparan radiasi cukup tinggi dapat ditangani sedemikian rupa sehingga tidak melampaui nilai batas dosis yang ditetapkan.

### **2.5.2 Efek Radiasi**

Efek radiasi pengion terhadap tubuh manusia dibagi menjadi dua, yaitu efek stokastik dan efek deterministik (Akhadi M, 2000).

#### **1. Efek Stokastik**

Efek stokastik berkaitan dengan paparan radiasi dosis rendah yang dapat muncul pada tubuh manusia dalam bentuk kanker (kerusakan somatik) atau cacat pada keturunan (kerusakan genetik). Dalam efek stokastik tidak mengenal dosis ambang. Jadi sekecil apapun dosis radiasi yang diterima tubuh ada kemungkinannya akan menimbulkan kerusakan sel somatik maupun genetik. Pemunculan efek stokastik berlangsung lama setelah terjadinya penyinaran. Ciri-ciri dari efek stokastik yaitu tidak mengenal dosis ambang, timbulnya efek setelah melalui masa tunda yang lama, keparahannya tidak bergantung pada dosis radiasi dan tidak ada penyembuhan spontan. Frekuensi timbulnya efek stokastik dapat dikurangi dengan menurunkan penerimaan dosis, tetapi efek stokastik tidak dapat dihindari sepenuhnya karena diasumsikan efek ini dapat terjadi pada setiap nilai dosis radiasi sekalipun sangat rendah (Akhadi M, 2000).

## 2. Efek Deterministik

Efek deterministik berkaitan dengan paparan radiasi dosis tinggi yang kemunculannya dapat langsung dilihat atau dirasakan oleh individu yang terkena radiasi. Efek tersebut dapat muncul seketika hingga beberapa minggu setelah penyinaran. Efek ini mengenal adanya dosis ambang. Jadi hanya radiasi dengan dosis tertentu yang dapat menimbulkan efek deterministik. Ciri-ciri dari efek deterministik yaitu mempunyai dosis ambang, umumnya timbul beberapa saat setelah penerimaan dosis radiasi, dapat dilakukan penyembuhan spontan bergantung pada tingkat keparahannya, serta keparahan efek deterministik bergantung pada dosis radiasi yang diterima.

Kemunculan efek deterministik ditandai dengan munculnya keluhan umum maupun lokal. Keluhan umum biasanya ditandai dengan nafsu makan berkurang, mual, lesu, lemah, demam, keringat berlebihan hingga menyebabkan terjadinya *shock*. Beberapa saat kemudian timbul keluhan khusus seperti nyeri perut, rambut rontok, *shock* bahkan kematian. Efek ini juga menimbulkan gejala lokal yaitu *erythema* atau kulit memerah, pedih, gatal, bengkak, melepuh dan kerontokan rambut.

### 2.5.3 Nilai Batas Dosis

Nilai batas dosis adalah dosis terbesar yang diizinkan oleh BAPETEN yang dapat diterima oleh pekerja radiasi dan anggota masyarakat dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek genetik dan somatik (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2013).

Nilai batas dosis pada lensa mata yang ditetapkan untuk pekerja radiasi yaitu dosis ekuivalen lensa mata rata-rata sebesar 20 mSv pertahun dalam periode 5 tahun dan 50 mSv dalam 1 tahun tertentu sedangkan ekuivalen lensa mata yang ditetapkan untuk anggota masyarakat yaitu sebesar 15 mSv pertahun (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2013). BAPETEN menetapkan nilai batas dosis berdasarkan keputusan Ka. BAPETEN No. 6 tahun 2010 yaitu dosis ambang deterministik untuk peluang katarak adalah 15 mSv (Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2010).

## **2.6 Mata**

Mata berfungsi sebagai organ fotosensitif berperan untuk penglihatan. Mata menerima cahaya melalui kornea yang selanjutnya difokuskan pada retina melalui lensa. Pada retina cahaya yang masuk diolah oleh sel batang dan kerucut untuk mengenali berbagai gambaran bayangan untuk diteruskan ke otak melalui nervus optikus (Agus et al., 2022).

### **2.6.1 Lensa Mata**

Salah satu bagian dari mata yaitu lensa mata. Lensa mata terletak dibagian depan dalam bola mata, lensa mata berbentuk *bikonvek* (cembung pada kedua sisi) dengan permukaan *anterior hiperbolik* dan permukaan *posterior parabolic*. Lensa mata terdiri dari tiga bagian utama yaitu kapsul lensa, sel epitel dan serat lensa (Lukitasari, 2010). Lensa mata adalah struktur mata yang paling *sensitive* terhadap radiasi. Kerusakan pada lensa diawali dengan terbentuknya titik-titik kekeruhan atau hilangnya sifat transparansi sel serabut lensa (Masdi, 2013).

Kerusakan sel pada lensa mata yang diakibatkan oleh radiasi terjadi karena selnya tidak mampu melakukan peremajaan sehingga lensa mata dapat mengalami

kerusakan permanen. Lensa mata yang terpapar radiasi dalam waktu cukup lama akan mengganggu fungsi transparansi lensa sehingga penglihatan kabur (Yunus et al., 2019). *International Commission On Radiological Protection* (ICRP) awalnya menetapkan dosis ambang paparan kronis lensa mata yaitu 5 Gy dan paparan akut 0,5-2 Gy. Namun, selama beberapa dekade terakhir sejumlah studi epidemiologi katarak menunjukkan bahwa katarak akibat radiasi dapat terjadi dengan dosis yang jauh lebih rendah dibandingkan ]ldosis ambang yang telah ditetapkan sebelumnya (Desinta et al., 2022). Oleh karena itu, BAPETEN menetapkan nilai batas dosis berdasarkan keputusan Ka. BAPETEN No. 6 tahun 2010 yaitu dosis ambang deterministik untuk peluang katarak adalah 15 mSv pertahun.

### **2.6.2 Anatomi Lensa Mata**

Menurut Linda (2023) anatomi lensa mata yang normal terdiri dari 4 yaitu sebagai berikut :

#### **1. Capsule**

Kapsul lensa merupakan membran dasar elastis dan transparan yang tersusun dari kolagen tipe IV dan protein matriks lainnya serta diletakkan oleh sel epitel. Kapsul berisi substansi lensa dan mampu membentuknya selama perubahan akomodatif. Lapisan luar kapsul lensa, lamela zonula, juga berfungsi sebagai titik perlekatan serat zonula. Kapsul lensa paling tebal di zona preequatorial anterior dan posterior dan paling tipis di kutub posterior sentral, yang mungkin berukuran hanya 2-4  $\mu\text{m}$ . Saat lahir, kapsul lensa anterior jauh lebih tebal daripada kapsul posterior; ketebalannya bertambah sepanjang hidup seseorang.

## 2. Serat zonula

Seperti yang disebutkan, lensa didukung oleh sistem serat (zonula) yang berasal dari lamina basal epitel nonpigmen pars plana dan pars plicata badan siliaris. Serat zonula ini, yang terletak di lembah antara prosesus siliaris, terdiri dari mikrofibril yang terdiri dari jaringan elastis. Serat ini dimasukkan pada titik-titik diskret pada kapsul lensa 1,5 mm anterior ke ekuator dan 1,25 mm posterior ke ekuator. Seiring bertambahnya usia, serat zonula ekuator mengalami regresi, meninggalkan lapisan anterior dan posterior terpisah yang tampak dalam bentuk segitiga pada penampang melintang cincin zonula. Serat ini berdiameter 5-30  $\mu\text{m}$ ; pada mikroskop cahaya, serat ini terlihat sebagai struktur eosinofilik yang memiliki reaksi asam periodik-Schiff (PAS) positif.

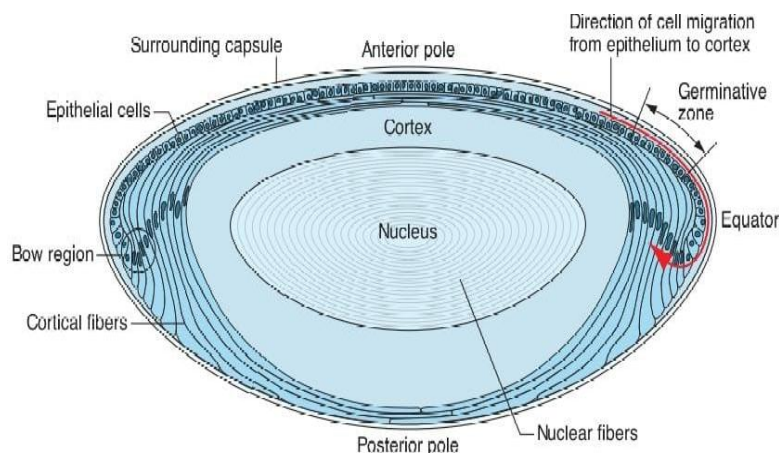
## 3. Epitel Lensa

Tepat di belakang kapsul lensa anterior terdapat satu lapisan sel epitel. Sel-sel ini aktif secara metabolik dan menjalankan semua aktivitas sel normal, termasuk biosintesis DNA, RNA, protein, dan lipid. Sel-sel ini juga menghasilkan adenosin trifosfat untuk memenuhi kebutuhan energi lensa. Sel-sel epitel bersifat mitosis; aktivitas terbesar sintesis DNA premitotik (replikasi, atau fase S) terjadi di sebuah cincin di sekitar lensa anterior yang dikenal sebagai zona germinatif. Sel-sel yang baru terbentuk bermigrasi ke arah ekuator, tempat mereka berdiferensiasi menjadi serat. Area ini, yang disebut daerah busur, adalah tempat sel-sel epitel memulai proses diferensiasi terminal menjadi serat lensa.

#### 4. Nukleus dan Korteks

Saat serat baru terbentuk, tidak ada sel yang hilang dari lensa. Serat baru tersebut memadati dan memadatkan serat yang terbentuk sebelumnya; lapisan yang lebih tua terletak di bagian tengah. Lapisan tertua, inti lensa embrionik dan fetus, terbentuk selama embriogenesis dan bertahan di bagian tengah lensa. Serat terluar adalah yang paling baru terbentuk dan membentuk korteks lensa.

Sutura lensa dibentuk oleh interdigitasi ujung anterior dan posterior serat berbentuk gelendong. Beberapa zona optik, serta sutura berbentuk Y yang terletak di dalam nukleus lensa, terlihat pada biomikroskopi lampu celah. Lapisan sel epitel dengan kepadatan optik yang berbeda terbentuk sepanjang hidup, menciptakan zona demarkasi antara korteks dan nukleus. Namun, tidak ada perbedaan morfologis antara korteks dan nukleus; sebaliknya, transisi antara daerah-daerah ini berlangsung secara bertahap. Meskipun beberapa teks bedah dan volume ini membuat perbedaan antara nukleus, epinukleus, endonukleus, dan korteks, istilah-istilah ini hanya berhubungan dengan perbedaan potensial dalam perilaku dan penampilan material selama prosedur pembedahan.



Gambar 2.3 Anatomi Lensa Mata  
(Sumber : Linda, 2023)

## 2.7 *Thermoluminisence Dosimeter (TLD)*

*Thermoluminisence Dosimeter (TLD)* adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi yang diterima seseorang. TLD ini dapat digunakan untuk mengukur dosis eksternal yang diterima oleh seseorang dengan meletakkannya diluar tubuh pada bagian daerah yang akan diukur besar dosisnya (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2013). *Thermoluminisence Dosimeter (TLD)* ada yang berbentuk seperti kartu dan ada juga yang menggunakan holder/badge untuk melindungi TLD dari kerusakan (Widhianasari Y, 2022).

### 2.7.1 **Manfaat TLD**

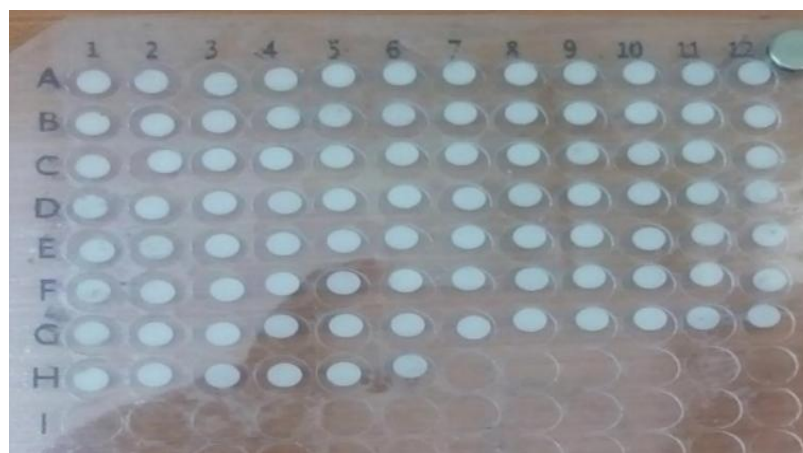
TLD dapat digunakan pada kondisi yang membutuhkan pembacaan dosis secara cepat setelah dikirimkan ke laboratorium dosimetri. TLD berfungsi untuk mengukur dosis eksternal pada seseorang agar dapat menilai efek kesehatan jangka panjang pada orang yang diukur tersebut (Widhianasari Y, 2022).

### 2.7.2 **Prinsip Kerja TLD**

TLD (*Thermoluminescence Dosimeter*) adalah jenis alat ukur yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi. TLD ini menggunakan kristalanorganik

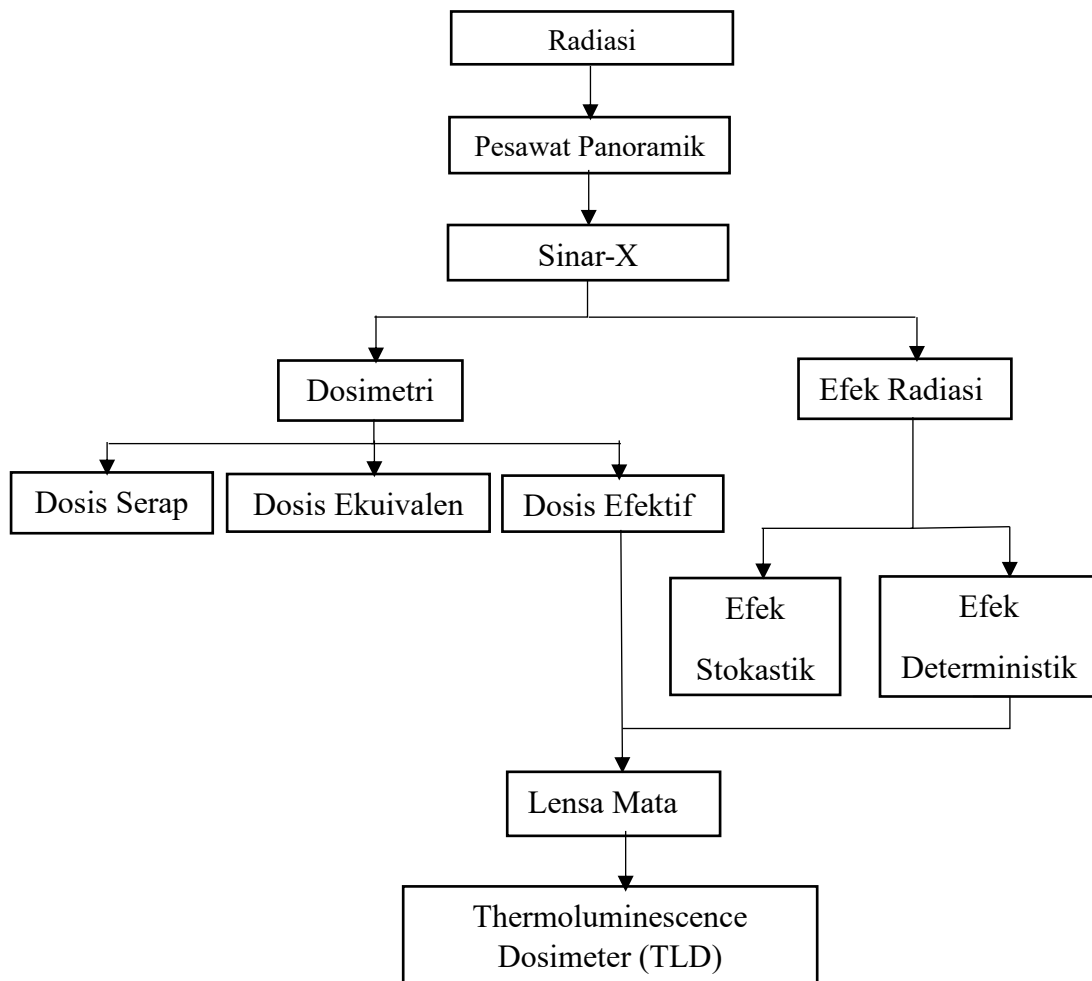
termoluminensi dan TLD ini digunakan pada jangka waktu tertentu, misalnya satu bulan, yang kemudian diproses untuk mengetahui jumlah dosis radiasi yang sudah diterima TLD tersebut. Prinsip kerja TLD ini berdasarkan fenomena thermoluminescence. Proses luminesenst adalah proses menyerap radiasi pada beberapa material dan menyimpan energi yang diserap pada kondisi yang metastabil (kurang stabil). Jika materi tersebut diberikan energi, metastabil akan dikeluarkan dalam bentuk cahaya tampak (Aslam et al., 2015).

Bagian yang memiliki sifat luminisensi disebut dengan *thermoluminescent* atau TLD. Sistem pembacaan TLD secara garis besar yaitu pemanasan bahan TL menyebabkan electron terjebak untuk kembali ke pita valensi. Ketika hal ini terjadi, energi yang dipancarkan dalam bentuk cahaya tampak output dideteksi dan diukur dengan PMT dan kemudian dosis ekuivalen dapat dihitung TLD reader terdiri dari plancher, PMT dan elektrometer. Planchet berfungsi untuk menangkap cahaya luminisensi dan mengubahnya menjadi sinyal listrik dan memperkuat sinyal akhir. Elektrometer berfungsi mencatat sinyal PMT dalam satuan arus atau muatan (Aslam et al., 2015).



Gambar 2.4 TLD Chips  
(Sumber : Jafari S, 2024)

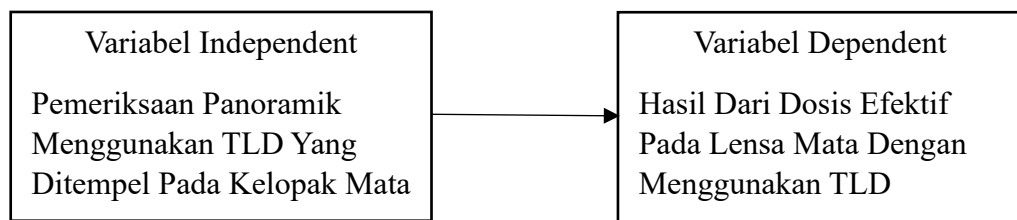
## 2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.5 Kerangka Teori Penelitian

## 2.9 Kerangka Konsep

Adapun variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.6 Kerangka konsep