

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 RADIOGRAFI

##### 2.1.1 Definisi Radiografi

Radiografi adalah alat yang digunakan dalam diagnosis penyakit baik penyakit umum maupun penyakit mulut tertentu. Meskipun dosis radiasi dalam radiografi rendah, bila memungkinkan paparan radiasi harus diminimalkan. Dokter Gigi harus mempertimbangkan manfaat dari radiografi dental terhadap meningkatnya konsekuensi paparan radiasi terhadap pasien, efek dari yang terakumulasi dari beberapa sumber dari waktu ke waktu. Harus mengikuti prinsip-prinsip untuk meminimalkan paparan radiasi (Am Dent Assoc, 2006).

Pada era maju sekarang ini, umumnya layanan radiologi telah dikelompokkan menjadi dua prosedur, yaitu radiologi diagnostik dan intervensional. Radiologi diagnostik adalah cabang ilmu radiologi yang berhubungan dengan penggunaan pesawat sinar-X untuk prosedur diagnosis, sedangkan radiologi intervensional adalah cabang ilmu radiologi yang berhubungan dengan penggunaan pesawat sinar-X untuk memandu prosedur perkutaneus seperti pengeluaran cairan, pemasukan kateter, atau pelebaran terhadap saluran atau pembuluh darah yang menyempit (Marpaung, 2006).

##### 2.1.2 Sinar-X

Sinar-X ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895. Rontgen adalah gelombang elektromagnetik, garis panjang gelombang pendek (kira-kira 0,01

sampai 10 nm) atau kuantum setara yang dihasilkan ketika elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi menembus berbagai substansi sampai kedalaman tertentu, mempengaruhi lempeng film, menimbulkan fluoresensi pada substansi tertentu dan sangat kuat mengionisasi jaringan (Steve, 2002).

Sinar-X tidak dapat dilihat, tidak dapat dibelokkan oleh medan magnet, tidak dapat difokuskan oleh lensa apapun, dapat dibelokkan setelah menembus logam padat atau benda padat, mempunyai daya tembus yang sangat tinggi, dapat difraksikan oleh unsur kristal tertentu, mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek, mempunyai frekuensi gelombang yang tinggi, dapat bereaksi dengan film sehingga timbul gambar setelah dipapar sinar-X, membutuhkan tegangan listrik tinggi untuk proses terjadinya, dan dapat menimbulkan efek biologis sebagai akibat radiasi ionisasi (Lukman, 1995).

Tubuh manusia mempunyai struktur yang kompleks, tidak hanya mempunyai perbedaan pada tingkat kepadatan saja tetapi juga mempunyai perbedaan unsur pembentuk. Pemeriksaan kesehatan yang menggunakan sinar-X menyebabkan terjadinya perbedaan tingkat penyerapan sinar-X. Tulang lebih banyak menyerap sinar-X dibandingkan otot atau daging. Struktur organ yang sakit juga lebih banyak menyerap sinar-X dibandingkan struktur tubuh lain yang dalam keadaan normal. Pemanfaatan sinar-X dibidang kedokteran gigi digunakan sebagai pemeriksaan penunjang diagnosa yaitu berupa foto radiologi (Jauhari, 2008).

### **2.1.3 Radiasi Sinar-X**

Sinar-X adalah energi dalam bentuk gelombang yang penggunaannya tidak boleh dianggap remeh. Penggunaan sinar-X di bidang kedokteran maupun kedokteran gigi dapat menimbulkan berbagai macam komplikasi apabila akumulasi sinar tersebut terjadi secara terus menerus secara berlebihan pada obyek tubuh

manusia. Radiasi sinar-X berpengaruh terhadap adanya kelainan jaringan tubuh yang terkena radiasi seperti eritema kulit, dermatitis kulit, ulserasi kulit, perubahan neoplastik dari jaringan dan dapat diketahui bahwa pada dosis rendah radiasi dari sinar-X dapat memicu penyakit jantung maupun stroke. Radiasi sinar-X dapat membunuh monosit (salah satu jenis sel darah putih) yang terdapat pada dinding arteri. Hal ini ternyata dapat mengakibatkan meningkatnya kadar *monocyte chemo-attractant protein 1* (MCP-1) yang dapat mengarah kepada penyakit kardiovaskular, hal ini merupakan resiko yang didapat dari paparan radiasi sinar-X tingkat rendah, seperti yang terdapat pada bidang kedokteran maupun kedokteran gigi (Steve, 2002).

Radiasi sinar-X dapat menimbulkan perubahan-perubahan di dalam tubuh antara lain biokimia cairan tubuh, biokimia sel, biokimia jaringan tubuh, biokimia organ tubuh. Radiasi ini akan mengakibatkan timbulnya gejala klinis kematian sel jaringan dan organ. Efek biologi yang terjadi bermula dari penyerapan radiasi sampai timbulnya gejala radiasi, keadaan ini memerlukan waktu bertahun-tahun. Periode tersebut disebut dengan periode laten yang terjadi akibat efek biologi kumulatif (Steve, 2002).

Efek radiasi langsung dan tidak langsung terjadi apabila rongga mulut khususnya gigi mendapat paparan sinar-X. Efek radiasi langsung terjadi pada benih gigi, berupa gangguan kalsifikasi benih gigi, gangguan perkembangan benih gigi dan erupsi gigi. Efek radiasi tidak langsung terjadi setelah pembentukan gigi dan erupsi gigi normal berada dalam mulut kemudian terkena radiasi ionisasi, terjadi kelainan gigi berupa karies radiasi. Karies radiasi terjadi pada beberapa gigi atau seluruh region yang terkena pancaran sinar radiasi, keadaan ini disebut rampant karies radiasi yang terjadi setelah mengabsorpsi dosis radiasi 5.000 R (Lukman, 1995).

Tingkat perubahan jaringan gigi setelah menderita radiasi berawal dari munculnya sensasi rasa gigi terasa memanjang kemudian terjadi hiperemi pulpa disertai resesi gingival sehingga gigi akan menjadi peka terhadap rangsangan dingin dan panas, karies servikalis terjadi bersamaan dengan xerostomia mempercepat proses karies radiasi yang akhirnya berakibat terjadinya fraktur patologi jaringan gigi (Lukman, 1995).

Penyerapan sinar-X oleh suatu bahan tergantung pada tiga faktor sebagai berikut, yaitu :

a. Panjang gelombang sinar-X

Pemberian tegangan rendah akan menyebabkan semakin tinggi panjang gelombang yang dihasilkan dari sinar-X dan sebaliknya dengan pemberian tegangan tinggi dihasilkan sinar-X dengan panjang gelombang pendek.

b. Susunan obyek yang terdapat pada alur berkas sinar-X

Penyerapan sinar-X oleh suatu bahan tergantung pada susunan obyek yang dilaluinya. Susunan obyek tergantung pada nomor atom unsur, misalnya nomor atom aluminium lebih rendah dari penyerapan sinar-X oleh tembaga. Timah hitam mempunyai nomor atom yang besar sehingga mampu menyerap sinar-X dalam dosis besar.

c. Ketebalan dan kerapatan obyek bahan tebal lebih banyak menyerap sinar-X

dibandingkan dengan bahan tipis pada unsur yang sama. Penyerapan sinar-X oleh tubuh manusia pada pemeriksaan radiografi tidak sama. Tubuh manusia dibentuk oleh unsur-unsur yang sangat kompleks. Tulang akan lebih banyak menyerap sinar-X dibandingkan dengan otot. Bagian tulang yang sakit lebih banyak menyerap sinar-X dibandingkan kondisi normal. Usia juga akan menjadi penyebab perbedaan penyerapan sinar-X. Tulang orang tua

yang telah kekurangan kalsium penyerapan sinar-X akan berkurang dibandingkan tulang orang usia muda (Jauhari, 2008).

## **2.2 RADIOGRAFI DENTAL / X-RAY DENTAL**

### **2.2.1 Definisi Radiografi Dental**

Radiografi dental adalah alat yang membantu dalam diagnosa dan rencana pengobatan penyakit mulut seperti karies, penyakit periodontal, dan patologi oral. Radiografi dental merupakan langkah awal pendeteksi keparahan penyakit. Dalam tindakan perawatan gigi sangat baik jika dilakukan pemeriksaan radiologi dental sebagai penunjang dari diagnosis sehingga tahapan atau langkah dalam pengobatan bisa dilakukan sebaik mungkin (Boel, 2008).

Dibidang kedokteran gigi, pemeriksaan radiografi mempunyai peranan yang sangat penting. Hampir semua perawatan gigi dan mulut membutuhkan data dukung pemeriksaan radiografi agar perawatan yang dilakukan mencapai hasil yang optimal (Whaites, 2007).

### **2.2.2 Klasifikasi Radiografi Dental**

Radiografi di kedokteran gigi ada 2 macam, yaitu :

#### **2.2.2.1 Radiografi Intraoral**

Radiografi Intra oral adalah pemeriksaan gigi dan jaringan sekitarnya dengan radiografi yang filmnya diletakan di dalam mulut pasien (Boel, 2008). Pemeriksaan intra oral merupakan pokok dari radiografi kedokteran gigi (Alan, 2013).

Radiografi Intra oral terdiri atas beberapa macam, yaitu :

a) Radiografi Periapikal

Teknik radiografi periapikal digunakan untuk melihat keseluruhan mahkota serta akar gigi dan tulang pendukungnya (Margono, 1998). Teknik yang digunakan adalah paralel dan bisekting. Teknik bisekting dianggap lebih mudah dan praktis dalam pelaksanaannya dibandingkan dengan teknik paralel (kesejajaran). Pada teknik ini penempatan film adalah sedekat mungkin dengan gigi, sumbu panjang gigi membentuk sudut terhadap film. Arah sinar adalah tegak lurus pada bidang bagian yang dibentuk oleh sumbu panjang gigi dan sumbu film (Boel, 2011).



**Gambar 2.1 Hasil Gambar Teknik Periapikal (sumber : [www.metcodental.com](http://www.metcodental.com))**

Keuntungan teknik bisekting :

- Teknik ini dapat dilakukan tanpa menggunakan film *holder*.

Kerugian teknik bisekting :

- Distorsi mudah terjadi.
- Masalah angulasi (banyak angulasi harus diperhatikan).

Keuntungan teknik paralel :

- Tanpa distorsi
- Gambar yang dihasilkan sangat representative dengan gigi sesungguhnya.
- Mudah dipelajari dan digunakan.

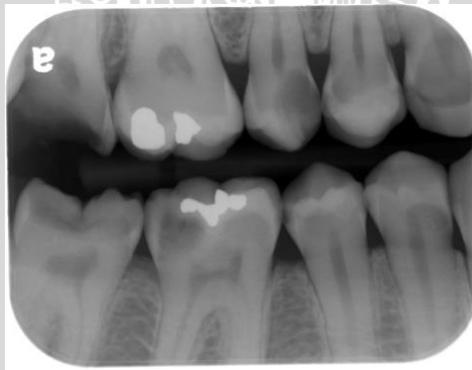
- Mempunyai validitas yang tinggi.

Kerugian teknik paralel :

- Sulit meletakkan film *holder*, terutama anak-anak dan pasien yang mempunyai mulut yang kecil.
- Pemakaian film *holder* mengenai jaringan sekitar sehingga mengurangi kenyamanan.

b) Radiografi Interproksimal (*Bitewing*)

Radiografi Interproksimal atau *bitewing* adalah radiografi yang digunakan untuk melihat permukaan gigi yang meliputi mahkota gigi, interproksimal dan puncak alveolar di maksila dan mandibula daerah anterior maupun posterior dalam satu film khusus (Alan, 2013). Radiografi dapat digunakan untuk mengetahui status jaringan periodontal dan juga melihat kalkulus pada interproksimal. Radiografi *bitewing* tidak menggunakan film *holder* melainkan dengan cara pasien menggigit sayap film untuk stabilisasi film di dalam rongga mulut (Boel, 2008).



**Gambar 2.2 Hasil Gambar Teknik *Bitewing* (sumber : [www.drgstoothpix.com](http://www.drgstoothpix.com)).**

c) Radiografi Oklusal

Radiografi oklusal adalah radiografi yang digunakan untuk melihat anatomi tulang maksila maupun mandibula dengan area yang luas dalam satu film (Boel,

2008). Radiografi oklusal dapat mendeteksi adanya fraktur, celah di palatum, dan kelainan lainnya yang terjadi pada area luas. Film yang digunakan adalah film khusus untuk oklusal. Teknik yang digunakan untuk pengambilan radiografi, yaitu dengan cara menginstruksikan pasien untuk mengoklusikan atau menggigit bagian film (Gail, 2014).

#### **2.2.2.2 Radiografi Ekstraoral**

Radiografi ekstra oral adalah pemeriksaan radiografi yang digunakan untuk melihat area yang luas pada tengkorak kepala dan rahang. Pada radiografi ekstraoral film yang digunakan diletakan diluar rongga mulut.

Radiografi ekstraoral terdiri atas beberapa tipe yaitu :

##### **a) Radiografi Panoramik**

Radiografi panoramik adalah radiografi yang digunakan untuk melihat adanya fraktur pada rahang, lesi atau tumor, dan melihat keadaan gigi geligi pada masa bercampur untuk rencana perawatan ortodonti. Radiografi panoramik akan memperlihatkan gambaran radiografi keadaan gigigeligi maksila, mandibula, sinus maksilari, dan sendi temporo mandibular secara menyeluruh dalam satu buah film (Ernest, 2011).

Kelebihan radiografi panoramik adalah daerah yang dapat dilihat lebih luas, dosis radiografi lebih kecil, waktu pengerjaan cepat, cocok untuk pasien yang sulit membuka mulut dan nyaman untuk pasien. Kelemahan radiografi panoramik adalah pergerakan pasien saat penyinaran akan menyulitkan pada interpretasi, hasil radiografi pada gigi tidak spesifik (William, 2007).

b) Radiografi *Lateral Jaw*

Radiografi *lateral jaw* adalah radiografi yang digunakan untuk melihat keadaan lateral tulang wajah, diagnosis fraktur dan keadaan patologis tengkorak dan wajah (Ernest, 2011).

c) Radiografi Sefalometri

Radiografi sefalometri adalah radiografi yang digunakan untuk melihat hubungan gigi dengan rahang dan profil individu serta keadaan tengkorak wajah akibat trauma penyakit dan kelainan pertumbuhan perkembangan (Gail, 2014).

Selain itu hasil radiografi ini juga memperlihatkan jaringan lunak nasofaringeal, sinus paranasal dan palatum keras. Pada umumnya radiografi ini digunakan ortodontis untuk merencanakan perawatan ortodonti agar mendapatkan gigi selaras sesuai dengan ukuran gigi dan rahang (Boel, 2008).

d) Radiografi Postero-Anterior

Radiografi postero-anterior adalah radiografi yang digunakan untuk melihat keadaan penyakit trauma, atau kelainan pertumbuhan dan perkembangan tengkorak. Selain itu radiografi ini dapat digunakan untuk melihat stuktur wajah antara lain sinus frontalis, ethmoidalis, fossa nasalis dan orbita (Gail, 2014).

e) Radiografi Antero-Posterior

Radiografi antero-posterior adalah radiografi yang digunakan untuk melihat keadaan pada bagian depan maksila dan mandibula, gambaran sinus frontalis, sinus ethmoidalis dan tulang hidung (Gail, 2014).

f) Radiografi Proyeksi Water's

Radiografi proyeksi Water's adalah radiografi yang digunakan untuk melihat keadaan sinus maksilaris, sinus ethmoidalis, sinus orbita, sutura zigomatikus frontalis dan rongga nasal (Gail, 2014).

g) Radiografi Proyeksi *Reverse-Towne*

Radiografi *reverse towne* adalah radiografi yang digunakan untuk melihat keadaan kondilus pada pasien yang mengalami pergeseran kodilus dan untuk melihat dinding postero lateral pada maksila (Gail, 2014).

h) Radiografi *Submentovortex*

Radiografi *submentovertex* adalah radiografi yang digunakan untuk melihat keadaan dasar tengkorak, posisi mandibula, dinding lateral sinus maksila dan arkus zigomatikus (Gail, 2014).

### 2.3 BAHAYA RADIASI

Radiasi yang digunakan pada radiologi selain bermanfaat untuk membantu menegakkan diagnosa, juga dapat menimbulkan bahaya bagi pekerja radiasi dan masyarakat umum yang berada disekitar sumber radiasi tersebut. Besarnya bahaya radiasi ini ditentukan oleh besarnya radiasi, jarak dari sumber radiasi, dan ada tidaknya pelindung radiasi. Setiap dokter gigi yang menggunakan radiografi harus menguasai dengan baik cara penggunaan radiografi yang tepat agar dapat terhindar dari bahaya radiasi tersebut (Allan, 2014).

Bukti yang ada menunjukkan bahwa semua radiasi, tidak peduli seberapa kecil dosisnya, memiliki potensi untuk menghasilkan efek yang tidak diinginkan dengan probabilitas statistik yang sangat rendah pada tubuh. Radiasi dapat memberikan kerusakan biologis akibat pemaparan.

**Tabel 2.1. Batasan Dosis Berdasarkan *Ionising Radiations Regulations* ( IRR) 1999 (Boel, 2008).**

	Batas dosis lama	Batas dosis baru
Kelompok kerja	50 mSv	20 mSv

Bukan pekerja	15 mSv	6 mSv
Masyarakat umum	5 mSv	1 mSv

**Tabel 2.2. Dosis Efektif Pada Pemeriksaan Gigi Rutin (Boel, 2008).**

Jenis Foto	Dosis Efektif (mSv)
Skull/ Kepala/ Posteroanterior	0,03
Lateral	0,01
Bitewing / periapikal	0,001-0,008
Oklusal	0,008
Panoramik	0,004-0,03
Lateral sefalometri	0,002-0,003
CT mandibular	0,36-1,2
CT maksila	0,1-3,3

**Tabel 2.3. Dosis Radiasi Pada Tubuh yang Menimbulkan Efek Akut (Boel, 2008).**

Dosis (mSv)	Efek Pada Tubuh
0,25	-
0,25-1,0	Menurunkan kadar sel darah putih.
1-2	Muntah dalam 3 jam, kelelahan, kehilangan nafsu makan, perubahan darah (pemulihan dalam beberapa minggu).
2-6	Muntah dalam 2 jam, perubahan darah yang parah, kerontokan rambut dalam 2 minggu, pemulihan dalam 1 bulan sampai satu tahun untuk 70%.
6-10	Muntah dalam 1 jam, kerusakan lambung, perubahan darah yang parah. Kematian dalam 2 minggu untuk 80-100%.
>10	Kerusakan otak, koma, kematian.

### 2.3.1 Efek Biologis Radiografi Dental

Berdasarkan dosis radiasi, efek biologis radiasi dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

#### 1. Efek Stokastik

Efek Stokastik adalah efek yang tidak langsung terlihat dan tingkat keparahan tidak tergantung oleh dosis ambang. Efek ini terjadi sebagai akibat paparan radiasi dengan dosis yang menyebabkan terjadinya perubahan pada sel. Ciri-ciri efek stokastik adalah tidak mengenal dosis ambang, timbul setelah melalui masa tenang yang lama, keparahannya tidak bergantung pada dosis radiasi, tidak ada penyembuhan spontan, contohnya adalah kanker dan penyakit keturunan (Langland, 2002).

#### 2. Efek Non Stokastik

Efek non stokastik (deterministik) adalah efek yang tingkat keparahannya tergantung pada dosis yang diterima dan hanya timbul bila dosis ambang dilampaui. Efek ini terjadi karena adanya proses kematian sel akibat paparan radiasi yang mengubah fungsi jaringan yang terkena radiasi. Efek ini dapat terjadi sebagai akibat dari paparan radiasi pada seluruh tubuh maupun lokal. Efek deterministik timbul bila dosis yang diterima di atas dosis ambang (*threshold dose*) dan umumnya timbul beberapa saat setelah terpapar radiasi. Tingkat keparahan efek deterministik akan meningkat bila dosis yang diterima lebih besar dari dosis ambang yang bervariasi bergantung pada jenis efek. Pada dosis lebih rendah dan mendekati dosis ambang, kemungkinan terjadinya efek deterministik dengan demikian adalah nol. Sedangkan di atas dosis ambang, peluang terjadinya efek ini menjadi 100%. Ciri-ciri efek non stokastik adalah mempunyai dosis ambang, umumnya timbul beberapa saat setelah radiasi, adanya penyembuhan spontan (tergantung keparahan), tingkat keparahan

tergantung pada dosis radiasi, contohnya adalah eritema, kerontokan rambut, katarak dan berkurangnya kesuburan (Langland, 2002).

Berdasarkan tipe sel yang terpapar radiasi, maka secara biologis efek radiasi dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Efek Somatik

Efek somatik adalah efek yang terlihat pada individu yang terpapar radiasi. Waktu yang dibutuhkan sampai terlihatnya gejala efek somatik sangat bervariasi sehingga dapat dibedakan atas :

- a. Efek Jangka Pendek

Efek jangka pendek adalah efek yang terlihat pada individu dalam waktu singkat setelah individu tersebut terpapar radiasi. Efek jangka pendek diasosiasikan sebagai sejumlah besar radiasi yang diterima dalam waktu yang singkat. Efek jangka pendek dari radiasi pada jaringan pada tubuh terutama ditentukan oleh sensitivitas sel parenkimnya, contohnya seperti mual, muntah, rambut rontok, epilasi (rambut rontok), eritema (memerahnya kulit), dan penurunan jumlah sel darah (Langland, 2002).

- b. Efek Jangka Panjang

Efek jangka panjang adalah efek yang terlihat dalam jangka waktu tahunan atau decade. Efek jangka pendek diasosiasikan sebagai sejumlah kecil radiasi yang diterima dalam waktu yang lama. Efek jangka panjang dari radiasi pada jaringan dan organ adalah hilangnya sel parenkim dan penggantian oleh jaringan ikat fibrosa. Perubahan ini disebabkan oleh kematian reproduksi sel dan replikasi oleh kerusakan pada pembuluh darah halus. Kerusakan kapiler menyebabkan penyempitan dan akhirnya terjadi obliterasi lumen pembuluh darah. Kerusakan kapiler ini mengakibatkan rusaknya pengangkutan oksigen, nutrisi dan

mengakibatkan kematian dari semua tipe sel (katarak, kanker, kerusakan genetik dan kelahiran abnormal) (Langland, 2002).

## 2. Efek Genetik

Efek genetik adalah efek yang terjadi bukan pada orang yang terpapar radiasi, melainkan terjadi pada keturunan dari individu yang terpapar radiasi (Langland, 2002).

### 2.3.2 Efek Radiasi Pada Rongga Mulut

#### 1. Membran Mukosa Mulut

Membran mukosa mulut mengandung sebuah lapisan basal yang memiliki radiosensitivitas yang tinggi. Pada akhir minggu kedua terapi radiasi, beberapa sel akan mati, membran mukosa mulai akan menunjukkan area kemerahan dan terjadi inflamasi atau yang disebut dengan mukositis. Kemudian membran mukosa yang disinari tersebut akan hancur sehingga mengakibatkan mukositis berat, rasa tidak nyaman dan pencernaan makanan menjadi sulit (White, 2004).

#### 2. Kelenjar Saliva

Kadang-kadang kelenjar ludah akan terpapar 20-30 Gy di rongga mulut selama radioterapi kanker. Komponen parenkim dari kelenjar ludah ini lebih radiosensitif. Hal ini mengakibatkan mulut menjadi kering sehingga menelan menjadi sulit dan sakit dikarenakan residual saliva yang mengalami kehilangan bahan pelumasnya (White, 2004).

### 3. Gigi

Pemaparan radiasi pada gigi dengan dosis terapeutik pada masa perkembangan gigi akan memperlambat pertumbuhan gigi tersebut. Pemaparan radiasi pada gigi yang terjadi sebelum kalsifikasi akan merusak *bud* gigi. Pemaparan radiasi setelah kalsifikasi akan menghalangi perubahan sel yang mengakibatkan malformasi. Anak-anak yang mendapat terapi radiasi pada rahang akan merusak pertumbuhan gigi permanen seperti perkembangan akar yang lambat, *dwarfed teeth* atau gagal dalam pembentukan gigi. Gigi orang dewasa yang sangat resisten terhadap efek langsung dari pancaran radiasi akan mengakibatkan pulpa mengalami fibroatropi dalam jangka panjang (White, 2004).

### 4. Tulang Mandibula

Terapi kanker pada bagian mulut mencakup paparan radiasi pada mandibula. Osteoradionekrosis merupakan dampak paling berbahaya pada mandibula akibat radiasi. Kondisi ini ditandai dengan jaringan nekrotik yang lembut dan tulang gagal dalam penyembuhan secara spontan. Hal ini lebih sering terjadi di mandibula daripada maksila karena lebih sedikitnya suplai darah di mandibula dan faktanya mandibula lebih sering terpapar daripada maksila (White, 2004).

### 5. Pengecapan Pada Lidah

Pengecapan sangat sensitif terhadap radiasi. Biasanya orang yang mendapat radioterapi akan mengeluh hilangnya rasa pengecapan pada minggu kedua atau ketiga dari radioterapi. Jika sepertiga anterior lidah yang disinari maka akan menyebabkan rasa manis dan asin. Sedangkan jika dua pertiga dari lidah yang disinari maka akan menyebabkan rasa pahit dan asam (White, 2004).

### 2.3.3 Efek Terhadap Struktur Intraseluler

Efek radiasi pada struktur intraseluler menyebabkan adanya perubahan dalam sel makromolekul. Walaupun perubahan awal molekul diproduksi dalam sepersekian detik setelah terpapar, perubahan sel yang dihasilkan dari paparan memerlukan waktu minimal per jam untuk berubah. Perubahan ini awalnya adalah manifestasi perubahan struktural dan fungsional dalam organel sel dan dapat menyebabkan kematian sel (White, 2009).

#### 2.3.3.1 Nukleus

Berbagai macam data radiobiologik menunjukkan bahwa nukleus lebih radiosensitif dalam hal kematian daripada sitoplasma. Molekul yang sensitif dalam nukleus adalah DNA yang ada dalam kromosom (Hancock, 2003).

#### 2.3.3.2 Kromosom

Pada umumnya, pada kromosom akan terjadi penyimpangan. Radiasi bertindak langsung atau tidak langsung pada molekul DNA melalui pembentukan senyawa reaktif yang bereaksi melalui molekul ini. Penyimpangan kromosom terutama memecah dua untai dalam DNA yang dianggap sebagai, yang paling sensitif. Penyimpangan ini tergantung pada seberapa besar dosis yang diterima. Tingkat kerusakan tergantung pada keadaan sel. Penyimpangan kromosom dapat dilihat pada sel yang terpapar pada saat mitosis. Jenis kerusakan yang dapat dilihat tergantung pada stadium sel dalam siklus sel pada saat pemaparan. Kelainan kromosom telah terdeteksi dalam limfosit darah perifer pada saat pemeriksaan medis (Ameerunnisa, 2011).

### 2.3.4 Efek Terhadap Jaringan dan Organ

Radiosensitivitas pada jaringan dan organ tubuh diukur dengan adanya respon terhadap adanya radiasi. Kehilangan sel moderat tidak mempengaruhi fungsi organ tubuh. Akan tetapi, dengan hilangnya sejumlah besar sel mengakibatkan dapat mempengaruhi organisme. Tingkat keparahan perubahan pada jaringan dan organ ini tergantung pada dosis radiasi yang diterima (White, 2009).

**Tabel 2.4. Organ Penting Dalam Radiografi Dental (White, 2004).**

Organ Penting	Akibat
Lensa mata	Katarak
Gonad	Abnormal genetik
Fetus	Kerusakan kongenital
Sumsum tulang	Leukimia
Kelenjar tiroid	Kanker
Kulit	Kanker

## 2.4 PROTEKSI TERHADAP RADIASI

Proteksi radiasi merupakan prosedur penting yang harus dilakukan sebelum melakukan radiografi. Dasar perlindungan radiasi dari prinsip ALARA (*As Low As Reasonable Achievable*) menyebutkan bahwa sekecil apapun dosis efek yang merusak tetap ada. Setiap dosis yang dapat dikurangi tanpa kesulitan pengeluaran atau ketidaknyamanan harus dikurangi. Persiapan terhadap proteksi radiasi harus dilakukan terhadap semua yang berhubungan dengan pelaksanaan radiografi antara lain pasien, operator dan lingkungan kerja radiologi (American Dental Association, 2004).

#### 2.4.1 Tujuan Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi dimaksudkan agar seseorang menerima atau terkena dosis radiasi sekecil mungkin. Adapun tujuan utama dari proteksi radiasi menurut ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) No. 26 Tahun 1977 adalah :

1. Mencegah terjadinya efek non stokastik (deterministik) yang membahayakan.
2. Meminimalkan terjadinya efek stokastik hingga ke tingkat yang cukup rendah dan masih dapat diterima oleh individu dan lingkungan sekitarnya.

#### 2.4.2 Asas Proteksi Radiasi

Dalam hal melakukan proteksi, ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) telah menerbitkan bahwa dalam melakukan suatu radiografi harus memenuhi 3 asas, sebagai berikut (Prayitno, 2009) :

1. Justifikasi: pemanfaatan radiasi harus mempunyai manfaat yang lebih besar dari pada risiko yang diterima.
2. Optimasi: pemanfaatan radiasi harus diupayakan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi.
3. Limitasi: pemanfaatan radiasi tidak boleh melampaui nilai batas dosis yang sudah ditetapkan oleh peraturan.

#### 2.4.3 Acuan Dasar Proteksi Radiasi

Untuk mencapai tujuan program proteksi radiasi, baik untuk pekerja radiasi maupun masyarakat, diperlukan adanya acuan dasar sehingga setiap kegiatan proteksi radiasi harus sesuai dengan acuan dasar tadi. Sesuai dengan rekomendasi ICRP (*International Commission on Radiological Protection*), dalam setiap kegiatan proteksi radiasi dikenal adanya standar dalam nilai batas dan tingkat acuan. Nilai batas terdiri dari nilai batas dasar, nilai batas turunan, dan nilai batas ditetapkan.

Sedangkan tingkat acuan terdiri dari tingkat pencatatan, tingkat penyelidikan, dan tingkat intervensi.

Nilai batas dasar untuk tujuan proteksi radiasi tidak dapat diukur secara langsung. Sedangkan dalam pelaksanaan program proteksi radiasi, rencana program pemantauan radiasi memerlukan metode interpretasi untuk secara langsung dapat menunjukkan bahwa hasil pemantauan itu sesuai dengan batas dosis. Untuk mencapai efisiensi dalam proteksi radiasi, dipandang perlu memperkenalkan nilai batas turunan yang menunjukkan hubungan langsung antara nilai batas dasar dan hasil pengukuran. Nilai batas turunan adalah besaran terukur yang dapat dihubungkan dengan nilai batas dasar menggunakan suatu model. Dengan demikian, hasil pengukuran yang sesuai dengan nilai batas turunan secara otomatis akan sesuai dengan nilai batas dasar. Sedangkan nilai batas ditetapkan adalah besaran terukur yang ditetapkan oleh pemerintah maupun peraturan lokal pada suatu instansi. Nilai batas ditetapkan biasanya lebih rendah dari nilai batas turunan, ada juga kemungkinan keduanya sama.

Tingkat acuan bukan merupakan nilai batas tetapi dapat digunakan untuk menentukan suatu tindakan dalam hal suatu nilai besaran melampaui atau diramalkan dapat melampaui tingkat acuan. Oleh sebab itu, dalam melaksanakan program pemantauan radiasi perlu menggunakan tingkat acuan. Pelaksanaan program proteksi radiasi memerlukan tingkat acuan dan tindakan nyata yang perlu diambil jika suatu besaran mencapai nilai acuan. Tingkat acuan ini akan sangat membantu operator instalasi dalam upaya mencapai tujuan proteksi radiasi. Ada tiga tingkat acuan, yaitu:

a. Tingkat Pencatatan

Tingkat pencatatan yaitu suatu tingkat yang jika dilampaui maka suatu hasil pengukuran harus dicatat. Nilai dari tingkat pencatatan harus kurang dari 1/10 dari nilai batas dosis ekuivalen tahunan. Hasil pengukuran yang berada di bawah nilai tingkat pencatatan tidak perlu proses lebih lanjut.

b. Tingkat Penyelidikan

Tingkat penyelidikan yaitu suatu tingkat yang jika dilampaui maka penyebab atau implikasi suatu hasil pengukuran harus diselidiki. Tingkat penyelidikan harus kurang dari 3/10 dari nilai batas dosis ekuivalen tahunan.

c. Tingkat Intervensi

Tingkat intervensi yaitu suatu tingkat yang jika dilampaui maka beberapa tindakan penanggulangan harus diambil. Tingkat intervensi harus ditentukan sehingga tindakan penanggulangan tidak mempengaruhi kondisi operasional normal.

#### 2.4.4 Nilai Batas Dosis (NBD)

Dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan tidak boleh melebihi Nilai Batas Dosis yang telah ditentukan oleh pihak yang berwenang. Semua kegiatan yang mengandung risiko paparan radiasi cukup tinggi dapat ditangani sedemikian rupa dengan menggunakan program proteksi radiasi yang disusun dan dikelola secara baik sehingga Nilai Batas Dosis yang telah ditetapkan tidak akan terlampaui. ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) mendefinisikan dosis maksimum yang diizinkan diterima seseorang sebagai “dosis yang diterima dalam jangka waktu tertentu atau dosis yang berasal dari penyinaran intensif seketika, yang menurut tingkat pengetahuan dewasa ini

memberikan kemungkinan yang dapat diabaikan tentang terjadinya cacat somatik gawat atau cacat genetik”.

Sejarah perkembangan Nilai Batas Dosis tidak lepas dari munculnya kesadaran akan pentingnya proteksi radiasi yang dimulai pada awal tahun 1920-an. Dari waktu ke waktu, ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) selalu memperbaiki dan menyempurnakan rekomendasinya mengenai perlindungan terhadap bahaya radiasi.

Konsep terbaru mengenai prinsip-prinsip dasar proteksi radiasi telah diperkenalkan dalam publikasi ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) No. 60 tahun 1990 dan terjadi penurunan Nilai Batas Dosis efektif tahunan. Penurunan ini dimaksudkan untuk melindungi masyarakat dari resiko yang lebih besar akibat paparan radiasi pengion dan semata-mata bukan disebabkan oleh penurunan batas resiko yang dapat diterima, melainkan disebabkan oleh perubahan cara menghitung atau mengestimasi peluang terjadinya resiko yang dapat diterima. Dosis 1 mSv/tahun ini mengakibatkan timbulnya peluang kematian karena kanker sebesar  $4 \times 10^{-3}$ . Angka ini sama dengan peluang kematian karena kanker oleh sebab-sebab lain (karsinogenik kimia) pada semua orang dengan masa usia kerja. Radiasi 1 mSv/tahun untuk masyarakat tidak termasuk radiasi alam yang mau tidak mau harus diterima oleh setiap orang.

Nilai Batas Dosis berdasarkan ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) No.60 Tahun 1990 ini belum digunakan di Indonesia karena penentuan ini tidak diperhitungkan dengan dosis yang diperoleh dari kegiatan medik. Adapun ketentuan Nilai Batas Dosis berdasarkan ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) No.60 Tahun 1990 adalah sebagai berikut :

a. Pekerja Radiasi

Nilai Batas Dosis yang tidak boleh dilampaui setiap pekerja radiasi akibat penyinaran kerja, adalah:

1. Dosis efektif 20 mSv/tahun dirata-ratakan selama 5 tahun berturut-turut.
2. Dosis efektif maksimum 50 mSv selama setahun.
3. Dosis ekuivalen 150 mSv/tahun untuk lensa mata.
4. Dosis ekuivalen 500 mSv/tahun untuk kulit, tangan dan kaki.

b. Siswa dan Magang

Siswa dan magang yang menggunakan penyinaran radiasi dan menggunakan sumber radiasi dalam studinya harus diawasi sehingga Nilai Batas Dosis-nya adalah:

1. Dosis efektif 6 mSv/tahun.
2. Dosis ekuivalen 50 mSv/tahun untuk lensa mata.
3. Dosis ekuivalen 150 mSv/tahun untuk kulit, tangan dan kaki.

c. Keadaan Khusus

Walaupun sudah berusaha sebaik-baiknya untuk melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja, namun untuk sementara perubahan nilai batas dosis masih diperlukan dan telah disetujui, maka:

1. Masa rata-rata dapat diperpanjang menjadi 10 tahun berturut-turut.
2. Perubahan sementara ditentukan oleh instansi berwenang tetapi tidak boleh lebih dari 50 mSv selama setahun dan perubahan sementara ini tidak boleh lebih dari lima tahun.

d. Masyarakat Umum

Dosis rata-rata yang diperkirakan akan diterima oleh masyarakat umum tidak boleh lebih besar dari Nilai Batas Dosis berikut:

1. Dosis efektif 1 mSv/tahun.
2. Dalam kondisi khusus, dosis efektif 5 mSv selama setahun dan rata-rata selama lima tahun berturut-turut tidak lebih dari 1 mSv/tahun.
3. Dosis ekuivalen 15 mSv/tahun untuk lensa mata.
4. Dosis ekuivalen 50 mSv/tahun untuk kulit, tangan dan kaki.

Nilai Batas Dosis antara pekerja radiasi berbeda dengan masyarakat umum.

Adapun alasan yang membedakan hal ini adalah:

- a. Jumlah anggota masyarakat jauh lebih besar dibandingkan jumlah pekerja radiasi sehingga efek kelainan persievert dosis radiasi yang diterima tubuh akan menimpa lebih banyak kepada masyarakat dibanding pekerja radiasi.
- b. Hubungan kerja yang melibatkan resiko penyinaran dalam pekerjaan bersifat sukarela dan bahaya radiasi yang dihadapi dapat diketahui sebelumnya.
- c. Pekerja radiasi telah dipilih sedemikian rupa sehingga mereka yang dianggap tidak mampu menghadapi setiap bahaya tertentu akan disalurkan untuk kegiatan yang lain.
- d. Dalam suatu instalasi nuklir, bahaya radiasi dapat dievaluasi dan diawasi melalui pemantauan radiasi.
- e. Anggota masyarakat adalah bukan pekerja radiasi yang kemungkinan besar terdiri dari anak-anak dan janin yang lebih peka terhadap kerusakan radiasi dan mungkin juga terdiri dari orang lanjut usia yang mungkin lebih mudah terpengaruh oleh kerusakan radiasi.
- f. Jangka waktu penyinaran pekerja radiasi lebih pendek dibandingkan jangka waktu penyinaran oleh lingkungan luar.
- g. Setiap instalasi tidak dibenarkan untuk mengenakan ukuran penuh dari bahaya pekerjaan yang khusus untuk sekitarnya.

#### 2.4.5 Prinsip Proteksi Radiasi

Sumber radiasi memancarkan radiasi pengion yang berbahaya. Untuk memproteksi diri dari sumber radiasi, maka diterapkan tiga strategi dasar yang dikenal sebagai prinsip proteksi radiasi, yaitu:

a. Waktu

Kurangi waktu berada di sekitar sumber radiasi. Sedapat mungkin diupayakan untuk tidak terlalu lama berada di dekat sumber radiasi saat proses radiografi untuk mengurangi dosis radiasi yang diterima secara proporsional. Semakin minimal waktu bekerja maka akan semakin minimal dosis yang diterima.

b. Jarak

Posisikan diri sejauh mungkin dari sumber radiasi. Besarnya paparan radiasi akan menurun sebanding dengan kebalikan kuadrat jarak terhadap sumber. Menjauhkan sumber radiasi dengan faktor dua maka akan menurunkan intensitasnya menjadi seperempatnya dan menjauhkan jarak sumber radiasi dengan faktor tiga maka akan menurunkan intensitas radiasi menjadi sepersembilannya.

c. Perisai (Shielding)

Pilih dan gunakan perisai yang sesuai selama melakukan pekerjaan dengan sumber radiasi. Perisai yang tepat dapat menurunkan secara eksponensial paparan radiasi gamma dan menghalangi hampir semua sinar radiasi beta. Pilih dan gunakan perisai yang sesuai selama melakukan penelitian atau pekerjaan dengan sumber radiasi. Gunakan pelindung berupa apron, sarung tangan dan kaca mata berlapis timbal (Pb) yang merupakan sarana proteksi radiasi individu. Proteksi lingkungan terhadap radiasi dapat dilakukan dengan melapisi ruang

radiografi menggunakan Pb untuk menyerap radiasi yang terjadi saat proses radiografi.

Tujuan utama program proteksi dan keselamatan radiasi adalah menunjukkan tanggung jawab Pemegang Izin melalui penerapan struktur manajemen, kebijakan dan prosedur yang sesuai dengan sifat dan tingkat risiko. Ketika inspeksi dilakukan di suatu fasilitas, dokumen program proteksi dan keselamatan radiasi menjadi salah satu topik diskusi antara tim inspeksi dengan Pemegang Izin, Petugas Proteksi Radiasi (PPR) dan praktisi medik.

#### 2.4.6 Alat Proteksi Radiasi

Alat proteksi radiasi yang tersedia dan dapat digunakan yaitu apron, kaca mata, perisai gonad, perisai tiroid, dan sarung tangan. Penggunaannya tergantung pada pemeriksaan radiografi yang digunakan.



**Gambar 2.3 Kaca Mata Pelindung Radiasi (Marpaung, 2006).**

##### a. Apron Proteksi Tubuh

Apron proteksi tubuh yang digunakan untuk pemeriksaan radiografi atau fluoroskopi dengan tabung puncak sinar-x hingga 150 kVp harus menyediakan sekurang – kurangnya setara 0,5 mm lempengan Pb. Tebal kesetaraan pb harus diberi tanda secara permanen dan jelas pada apron tersebut. Apron ini digunakan baik untuk operator maupun pasien.



Gambar 2.4 Apron Pelindung Tubuh (Marpaung, 2006).

b. Penahan Radiasi Gonad

Penahan radiasi gonad jenis kontak yang digunakan untuk radiologi diagnostik rutin harus mempunyai lempengan Pb, tebal sekurang - kurangnya setara 0,25 mm dan hendaknya mempunyai tebal setara lempengan Pb 0,5 mm pada 150 Kvp. Proteksi ini harus dengan ukuran dan bentuk yang sesuai untuk mencegah paparan radiasi pada gonad secara keseluruhan (White, 2009).

c. Perisai Tiroid

Perisai untuk melindungi kelenjar tiroid disebut *tiroid shield*, berguna untuk mengurangi daya tembus sinar radiasi ke arah kelenjar tiroid.



Gambar 2.5 Apron, Perisai Gonad, Perisai Tiroid (Marpaung, 2006).

d. Sarung Tangan Proteksi

Sarung tangan proteksi yang digunakan untuk fluoroskopi harus memberikan kesetaraan atenuasi sekurang-kurangnya 0,25 mm Pb pada 150 kVp. Proteksi ini harus dapat melindungi secara keseluruhan, mencakup jari dan pergelangan tangan.



Gambar 2.6 Sarung Tangan Pelindung Radiasi (Marpaung, 2006).

#### 2.4.7 Proteksi Pasien

Untuk proteksi terhadap pasien perlu diperhatikan :

1. Pasien memakai apron.
2. Pasien anak atau wanita hamil dianjurkan menggunakan perisai tiroid saat akan dilakukan radiografi.
3. Alat yang digunakan harus memenuhi prosedur standar operasi, yaitu :
  - a. Pemakaian filtrasi maksimum pada sinar primer, tujuan filter adalah untuk menghentikan komponen-komponen radiasi lemah yang tidak dapat mencapai film dan membentuk bayangan. Pemasangan filter yang memadai akan memperkecil penyinaran yang tidak perlu pada jaringan, tanpa memperpanjang waktu penyinaran yang tidak pada tempatnya.
  - b. Pemakaian *voltage* yang lebih tinggi sehingga daya tembusnya lebih kuat.

- c. Jarak fokus pasien tidak boleh terlalu pendek. Jarak fokus ke kulit pada sinar tembus tidak boleh kurang dari 45 cm sedangkan radiografi tidak boleh kurang dari 90 cm.
- d. Daerah sinar harus seminimal mungkin.
- e. Waktu penyinaran harus sesingkat mungkin.

#### 2.4.8 Proteksi Operator

Dalam melakukan radiografi dan untuk mencegah bahaya radiasi, setiap operator memiliki kewajiban untuk (Ameerunnisa, 2011) :

1. Operator tidak diperbolehkan berdiri didaerah radiasi sinar-X.
2. Operator harus berada pada tempat yang aman yaitu dibalik dinding pelindung berlapis Pb dan berjarak cukup jauh dari sumber sinar-X selama melakukan radiografi (Whaites, 2009).
3. Operator harus melakukan penerapan program perlindungan radiasi tahunan dan seumur hidup, batas paparan radiasi pengion, memakai dosimeter pribadi dan penggunaan perisai penghalang (Whaites, 2009).