

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Radiasi adalah pemancaran/pengeluaran dan perambatan energi menembus ruang atau sebuah substansi dalam bentuk gelombang atau partikel. Partikel radiasi terdiri dari atom atau subatom dimana mempunyai massa dan bergerak, menyebar dengan kecepatan tinggi menggunakan energi kinetik. Beberapa contoh dari partikel radiasi adalah elektron, beta, alpha, photon, dan neutron.⁷

Sumber radiasi dapat terjadi secara alamiah maupun buatan. Sumber radiasi alamiah contohnya radiasi sinar kosmik, radiasi dari unsur-unsur kimia yang terdapat pada lapisan kerak bumi, radiasi yang terjadi pada atmosfer akibat terjadinya pergeseran lintasan perputaran bola bumi. Sedangkan sumber radiasi buatan contohnya radiasi sinar-x, radiasi sinar alfa, radiasi sinar beta, radiasi sinar gamma.⁷

2.1 Sinar-X

Sinar-x adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang listrik, radio, inframerah panas, cahaya, sinar gamma, sinar kosmik dan sinar ultraviolet tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Lebih pendek panjang gelombang dan lebih besar frekuensinya maka energi yang diberikan lebih banyak. Penggunaan sinar-x adalah sesuatu yang penting untuk diagnosa gigi geligi serta jaringan sekitarnya dan pemakaian yang paling banyak pada *diagnostic imaging system*. Kemampuan sinar-x menghasilkan gambar mengindikasikan sinar-x dapat menembus kulit, jaringan, dan tulang.^{3,7}

2.1.1 Pembentukan Sinar-X

Adanya aliran listrik yang masuk ke dalam tabung sinar-x, akan memanaskan filamen. Pemanasan filamen akan menyebabkan filamen menjadi berpijar, sehingga elektron-elektron bergerak dari atom filamen tersebut dan membentuk kabut elektron atau ruang muatan disekitar elektron. Semakin berpijar filamen, semakin banyak

pelepasan elektron. Pada keadaan demikian, jika antara anoda dan katoda diberi beda potensial yang tinggi, maka elektron-elektron yang terlepas tadi akan bergerak dari katoda ke anoda dengan kecepatan tinggi.^{1-3,7,8,10}

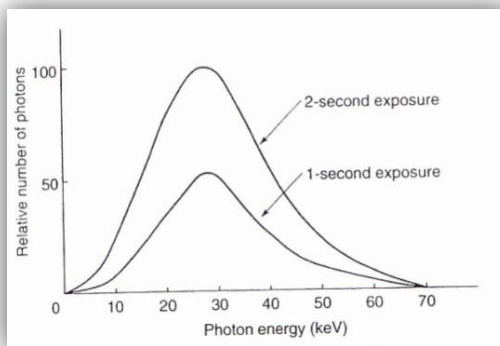
Sinar-x yang dihasilkan bergerak ke segala arah di dalam tabung, sebagian besar sinar-x yang dibentuk tersebut dipusatkan pada daerah kecil (*focal spot*) di permukaan anoda dengan cara menetapkan sebuah cawan kecil yang terbuat dari molybdenum yang mengelilingi filamen. Cawan tersebut bermuatan positif untuk membatasi elektron sehingga menyatu dan hanya sebagian kecil sinar-x yang dihasilkan melewati lubang keluar. Sinar-x yang terlepas ini melewati filter yang akan menyerap sinar-x yang tidak berguna yaitu sinar-x dengan energi yang rendah. Selanjutnya sinar-x melewati *collimator* yang terbuat dari timah yang mana akan membatasi penyebaran sinar. Kemudian, sinar-x akan melewati *cone* mengarah film dengan melewati obyek.^{1,5,7,8}

2.1.2 Faktor-Faktor yang Mengontrol Pancaran Sinar-X

Kualitas dan kuantitas sinar-x yang keluar dari tabung sinar-x pada saat meningkatkan waktu penyinaran dengan nilai mA dan kVp konstan. Faktor-faktor yang mengontrol pancaran sinar-x adalah waktu penyinaran (*timer*), *tube current* (mA), beda potensial (kVp), dan filtrasi.^{1,2,8}

a. Waktu Penyinaran

Perubahan pengaturan durasi waktu dari penyinaran dapat merubah intensitas radiasi yang dihasilkan. Oleh karena itu dengan mengubah waktu akan mengubah kuantitas foton.¹

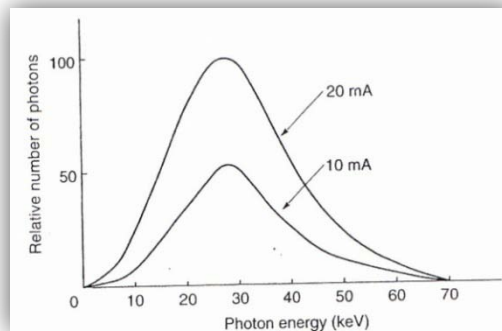


Gambar 1. Grafik spektrum energi foton berdasarkan waktu¹

Gambar 1. menunjukkan intensitas radiasi berbanding lurus terhadap waktu penyinaran sedangkan energi foton (daya tembus sinar-x) yang dihasilkan tidak berubah (tetap). Pada saat waktu penyinaran ditingkatkan dua kali lipat, jumlah foton yang dihasilkan juga naik dua kali lipat, tapi jarak dari energi foton yang dihasilkan tidak berubah.

b. Tube Current (mA)

Tube current mempengaruhi jumlah radiasi sinar-x yang dihasilkan selama penyinaran berlangsung. *Tube current* tidak mempengaruhi kualitas sinar-x karena panjang gelombang tidak ikut berubah seiring dengan berubahnya nilai mA.¹

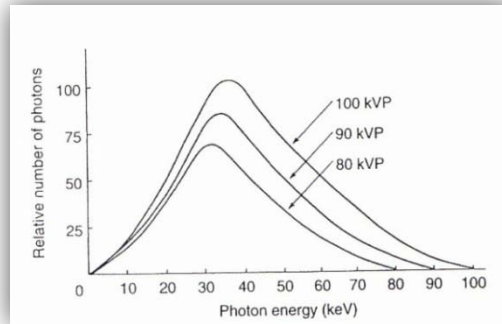


Gambar 2. Grafik spektrum energi foton berdasarkan nilai mA¹

Gambar 2. menunjukkan intensitas radiasi berbanding lurus terhadap *tube current*, sedangkan energi foton tidak mengalami perubahan. Dengan kata lain jika nilai mA mengalami peningkatan dua kali maka intensitas radiasi juga mengalami peningkatan dua kali sedangkan energi foton tidak berubah.

c. Beda Potensial (kVp)

Beda potensial akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas sinar-x karena perubahannya mempengaruhi panjang gelombang yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai kVp semakin besar energi foton yang digunakan, dan semakin baik kualitas sinar-x.¹ Hubungan antara perubahan spektrum energi dengan beda potensial dapat dilihat pada Gambar 3.

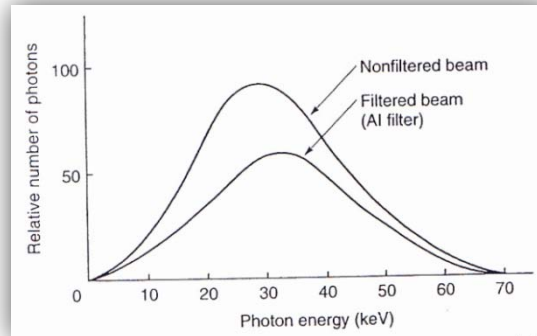


Gambar 3. Grafik spektrum energi foton berdasarkan nilai kVp¹

Kemampuan foton untuk menembus benda tergantung pada energinya. Foton sinar-x berenergi tinggi mempunyai kemampuan menembus benda padat lebih tinggi daripada foton sinar-x yang berenergi rendah. Oleh karena itu, semakin tinggi kVp dan energi rerata pancaran sinar (intensitas radiasi), semakin tinggi kemampuan penetrasi sinar terhadap benda padat.¹

d. Filtrasi

Pancaran sinar-x mempunyai spektrum energi foton yang berbeda-beda, hanya foton dengan energi tertentu yang dapat menembus struktur anatomis lalu bertabrakan dengan film. Foton dengan energi yang lebih rendah (panjang gelombang yang panjang) berperan serta dalam pencahayaan namun tidak mempunyai energi yang cukup untuk menyentuh film. Oleh karena itu, untuk mengurangi dosis radiasi pasien, foton dengan kemampuan penetrasi lebih rendah harus dihilangkan. Hal ini dapat dilakukan dengan meletakkan filter aluminium pada garis laluan sinar. Aluminium digunakan karena dapat menyerap foton berenergi rendah dengan sedikit efek pada foton berenergi tinggi yang dapat berpenetrasi sampai ke film.^{1,4,9}



Gambar 4. Grafik spektrum energi foton berdasarkan nilai filtrasi¹

Pada gambar diatas menunjukkan intensitas radiasi pada film yang tidak menggunakan filter lebih besar dibandingkan yang menggunakan filter, sedangkan energi foton yang dihasilkan tetap.

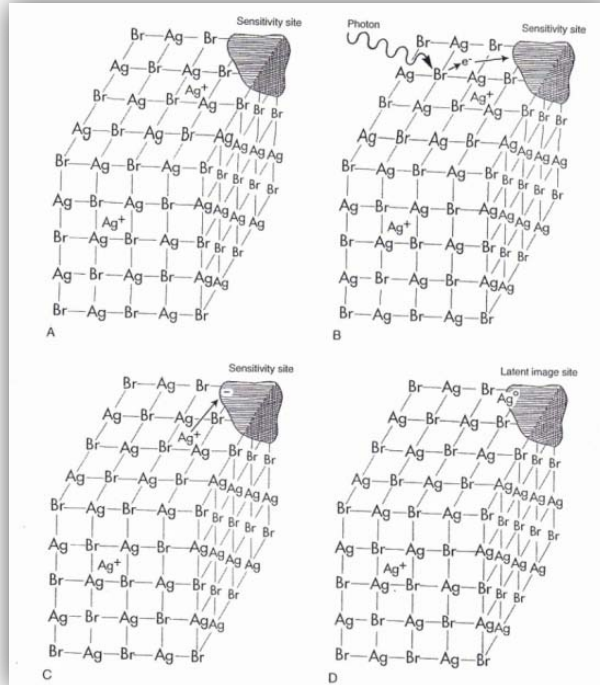
Ada dua filtrasi yang digunakan pada tabung sinar-x yaitu filtrasi utama (*inherent filtration*) dan filtrasi tambahan (*added filtration*). Filtrasi yang utama pada tabung sinar-x adalah material yang terletak di jalan foton sinar-x dari *focal spot* (target) untuk membentuk pancaran yang dikeluarkan dari tabung. Filtrasi utama terdiri dari dinding kaca dari tabung sinar-x, minyak penyekat (*insulating oil*), dan material penghambat minyak tadi untuk keluar dari tabung. Filtrasi tambahan (*added filtration*) adalah peletakan cakram aluminium di tempat jalannya sinar-x antara collimator dan *tubehead seal*. Cakram ini mempunyai ketebalan 0,5-1 mm dan berfungsi menghalangi lewatnya foton sinar-x berenergi rendah, panjang gelombang lebih panjang, dan tidak berguna dalam proses diagnosis serta berbahaya bagi pasien. Hasilnya adalah pancaran foton dengan panjang gelombang lebih rendah, berenergi tinggi, dan mempunyai tingkat penetrasi lebih tinggi pula untuk proses diagnosis.¹⁻³

2.2 Pembentukan Gambaran Radiografik

2.2.1 Pembentukan Gambaran Laten

Keadaan fisik dari emulsi pada film adalah kandungannya yang berupa kristal fotosensitif yang bahan utamanya adalah AgBr (argentum bromida) dan beberapa bagian kecil dari perak iodida. Ion iodida membentuk ketidakteraturan dari bentuk kristal karena bentuknya yang besar. Ikatan Ag-halida yang ditahan oleh bahan vehikulum tersebut dilapisi oleh plastik transparan di dasarnya. Kristal ini mengandung sedikit ion perak bebas diantara jarak atom-atom yang membentuk kristal. Terdapat pula senyawa sulfur yang terletak pada bagian kristal yang tidak teratur. Senyawa ini nantinya akan membentuk daerah sensitif yaitu daerah di dalam Kristal yang sensitif yang nantinya akan menangkap elektron yang dilepaskan saat emulsi terkena radiasi. Adanya radiasi yang dihasilkan oleh sinar-x akan mengubah kristal Ag-halida menjadi gambaran laten, tidak kasat mata, yang nantinya menjadi gambaran yang kasat mata setelah melalui proses dalam larutan *developer* dan *fixer*.^{1,2}

Pada saat film terkena radiasi sinar-x, maka tumbukan antara sinar-x dengan ion bromida mengakibatkan terjadi lepasan elektron sehingga ion bromida menjadi atom bromida. Elektron yang terlepas tadi akan terus bergerak di dalam kristal sampai menyentuh daerah sensitif. Daerah sensitif yang kemudian mempunyai muatan negatif yang berlebih akan menarik ion perak interstisial yang bergerak bebas di dalam kristal. Pada saat ion perak menyentuh daerah sensitif, terjadi reaksi reduksi sehingga logam perak bermuatan netral. Daerah yang mempunyai atom perak tersebut adalah daerah gambaran laten. Proses pembentukan gambaran laten dapat dilihat pada Gambar 5.¹



Gambar 5. Proses pembentukan gambaran laten¹

2.2.2 Pembentukan Gambaran Kasat Mata

Film yang terpancar oleh sinar-x kemudian diproses di dalam larutan *developer*. Larutan ini mengubah atom perak netral yang membentuk gambaran laten menjadi butiran logam perak padat yang berwarna hitam. Butiran inilah yang akan menghambat cahaya sehingga gambaran obyek akan kasat mata. *Fixer* akan menghilangkan kristal AgBr yang tidak menangkap sinar-x atau yang tidak mempunyai gambaran laten. Oleh karena itu, gambaran radiograf mengandung daerah terang (*radiopaque*), hanya sedikit foton yang bertumbukan dengan film, dan daerah gelap (*radiolucent*), banyak foton yang bertumbukan dengan film.¹

2.2.3 Pemrosesan Film

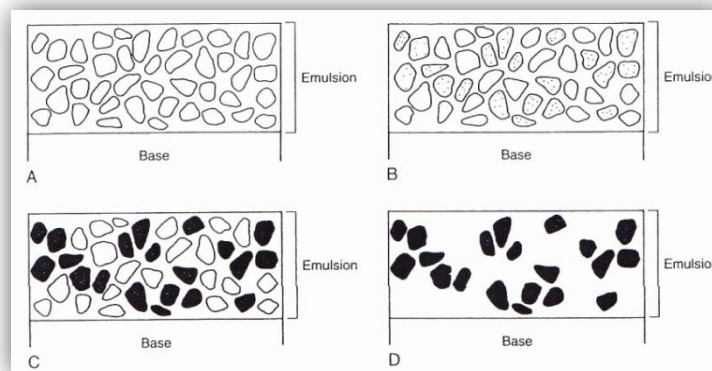
Prosedur untuk melakukan proses perendaman adalah sebagai berikut : (a) Film yang telah terpapar sinar-x dicelupkan ke dalam larutan *developer*; (b) Film

dibilas dengan air mengalir; (c) Film dicelupkan di dalam larutan *fixer*; (d) Film dicuci dengan air mengalir; (e) Film dikeringkan dan di-*mounting*.^{1-3,8-11}

a. Larutan *Developer*

Larutan *developer* mereduksi semua ion perak pada kristal yang terpapar sinar-x menjadi logam perak yang berwarna kehitaman. Proses ini hanya terjadi pada kristal yang sudah terpapar sinar-x saja untuk membuat gambaran diagnostik.^{1,2,8,9} Daerah pada film yang terdapat banyak kristal yang terpapar sinar-x akan berwarna gelap karena banyaknya butiran logam perak setelah pencucian. Jika proses *developing* berlangsung lama maka terjadi kontak antara larutan dengan kristal AgBr yang tidak mengandung gambaran laten, kemudian pelan-pelan larutan *developer* akan bereaksi dengan kristal tersebut, sehingga terjadi *overdevelopment*.^{1,9}

Pada Gambar 6. tampak secara singkat perubahan emulsi selama proses pencucian film. Mula-mula emulsi berisi kristal-kristal yang belum terpapar sinar-x. Lalu kristal-kristal yang terpapar sinar-x membentuk daerah sensitif yang merupakan gambaran sementara. Di dalam larutan *developer*, kristal yang mengandung gambaran sementara tersebut direduksi sehingga menjadi logam perak yang berwarna kehitaman. Di dalam larutan *fixer*, kristal yang tidak menangkap sinar-x akan dibersihkan dari film.¹



Gambar 6. Perubahan emulsi selama proses pencucian film^{1,10}

Pada saat film direndam di larutan *developer*, awalnya tidak terdapat efek apa-apa sampai akhirnya terjadi peningkatan densitas secara cepat lalu melambat. Pada saat semua kristal yang terpapar sinar-x tadi selesai bereaksi (menjadi butiran perak berwarna hitam) maka larutan *developer* memulai reaksi dengan kristal yang tidak terpapar.¹

b. Pencucian (*Rinsing*)

Setelah film dimasukkan ke larutan *developer* film mengalami emulsi dan menjadi basah oleh *developer*. Pada saat ini film harus dibilas dengan air selama 30 detik tanpa berhenti, sebelum film dimasukan ke larutan *fixer*. Pembersihkan larutan *developer* memperlambat proses *development*. Proses ini juga menghilangkan *alkali activator*, yang dapat menjadikan netralisasi dari keasaman larutan *fixer*. Proses pembersihan ini merupakan proses pencucian film secara manual pada umumnya tetapi hal ini tidak digunakan pada proses pencucian film secara otomatis.¹

c. Larutan *Fixer*

Fungsi utama dari larutan *fixer* adalah untuk memecah dan melarutkan kristal perak halida yang *underdeveloped*. Keberadaan kristal yang tidak menangkap sinar-x membuat film menjadi opak. Jika kristal-kristal ini tidak dihilangkan maka hasil akhir dari radiograf akan tampak gelap dan tidak bisa didiagnosis. Fungsi lain dari larutan *fixer* adalah memperkeras gelatin dalam emulsi film. Larutan *fixer* terdiri dari 4 komponen dasar yaitu : (1) *Clearing agent*, membersihkan film dari sisa-sisa kristal perak halida yang tidak terpancar oleh sinar-x; (2) *Acidifier* (pengasam), berguna untuk menjaga difusi yang baik dari *thiosulfate* ke dalam emulsi dan dari ikatan antara perak *thiosulfate* keluar dari emulsi; (3) *Preservative* (bahan pengawet), berfungsi untuk mencegah oksidasi dari *thiosulfate* karena senyawa ini tidak stabil dalam suasana asam dan mengikat sisa bahan *developer* yang terbawa oleh film, sehingga mencegah perubahan warna pada foto; (4) *Hardener*, berupa garam aluminium yang akan mencegah kerusakan foto saat dipegang oleh operator dan mencegah penyerapan air yang berlebih saat dilakukan pencucian akhir, sehingga tidak terjadi pembesaran emulsi dan mempersempit waktu pengeringan.¹

d. Pembersihan (*Washing*)

Pencucian di dalam larutan *developer* memegang peranan yang penting dalam menentukan hasil radiograf. Lamanya waktu pencucian didalam larutan *developer* ditentukan berdasarkan : 1) metode visual dan 2) metode waktu dan suhu.¹

Lamanya waktu pencucian dengan metode visual bergantung pada keterampilan dan pengalaman operator dalam menentukan kekontrasan radiograf yang dihasilkan. Sedangkan bila menggunakan metode waktu dan suhu, waktu pencucian bergantung pada suhu larutan *developer* saat pencucian berlangsung sesuai dengan aturan pabrik.¹

Waktu *developing* yang direkomendasikan sesuai dengan suhu tertentu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekomendasi waktu *developing*

Suhu <i>Developer</i> (dalam F)	Waktu <i>Developing</i> (menit)
68°F	5 menit
70°F	4,5 menit
72°F	4 menit
76°F	3 menit
80°F	2,5 menit

Waktu *developing* yang berlebih akan mengakibatkan radiograf menjadi lebih gelap (kontras meningkat) sedangkan waktu *developing* yang terlalu cepat mengakibatkan radiograf tampak lebih putih (kontras menurun).^{1,3,7,11}

e. *Drying* dan *Mounting*

Film dapat dikeringkan dengan menggunakan kertas kemudian *hair dryer* dengan kekutan rendah. Setelah itu film di-*mounting*. Hal ini berguna agar letak film sesuai dengan pengorderan dan tidak terjadi kesalahan interpretasi.

2.3 Kesalahan dalam Pemrosesan Film

Dalam proses pencucian film radiografi dapat terjadi kesalahan yang menyebabkan berkurangnya kualitas radiograf. Akibat-akibat yang dapat timbul dan kemungkinan penyebabnya dapat dipaparkan sebagai berikut : 1) radiograf tampak

kurang kontras (terang), dimungkinkan karena waktu *developing* yang kurang lama, suhu larutan *developer* terlalu rendah, atau larutan *developer* sudah terkontaminasi atau perlu dilakukan *replenishment*. 2) radiograf tampak terlalu gelap, dimungkinkan karena waktu *developing* yang terlalu lama, suhu larutan *developer* yang terlalu tinggi, atau larutan *developer* terlalu pekat.^{3,12}

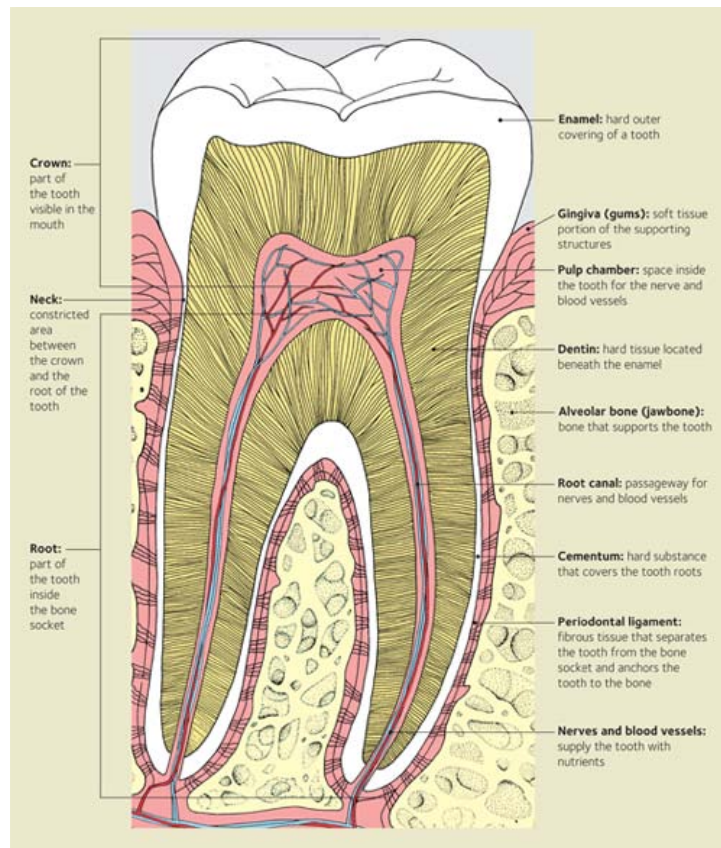
2.4 Bahan Aluminium

Aluminium diambil dari bahasa Latin: *alumen, alum*. Orang-orang Yunani dan Romawi kuno menggunakan *alum* sebagai cairan penutup pori-pori dan bahan penajam proses pewarnaan. Aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh *Hans Christian Oersted*. Baru diakui secara pasti oleh *F. Wohler* pada tahun 1827. Sumber unsur ini tidak terdapat bebas, bijih utamanya adalah bauksit. Penggunaan Aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, ampelas dan permata sintesis.¹³

Aluminium (Al) merupakan bahan yang biasa dipilih untuk filter tambahan dalam radiologi diagnostik. Aluminium ini akan menyerap foton berenergi rendah yang dapat mengaburkan hasil diagnostik radiograf dan melindungi jaringan permukaan kulit dari dosis yang cukup besar sehingga hanya foton yang berenergi tinggi yang diteruskan. Aluminium juga dapat meningkatkan kontras dan menaikkan nilai *grayscale*.^{5,6,14}

2.5 Struktur Jaringan Periodonsium

Jaringan periodonsium adalah sistem fungsional dari jaringan yang mengelilingi gigi dan melekatkan gigi ke tulang rahang. Struktur dari jaringan periodonsium (Gambar 7.) terdiri dari gingiva, ligamen periodontal, sementum, dan tulang alveolar.¹⁵



Gambar 7. Struktur jaringan periodonsium¹⁶

Fungsi jaringan periodonsium adalah memberikan *seal* pada sekeliling bagian servikal gigi; memegang/menahan jaringan terhadap gigi pada saat mastikasi; menahan dan menjaga gigi agar tetap pada *socket*-nya; melindungi dentin yang ada dibawahnya; mengelilingi dan mendukung akar gigi.¹⁵

a. Gingiva

Gingiva adalah bagian mukosa mastikatori yang membalut prosesus alveolaris dari tulang rahang dan mengelilingi leher gigi. Fungsi dari gingiva adalah memberikan *seal* disekeliling bagian servikal gigi dan menutupi prosesus alveolar. Bagian anatomis dari gingiva antara lain *free gingiva*, sulkus gingiva, *attached gingiva*, dan gingiva interdental.¹⁵

b. Ligamen Periodontal

Ligamen periodontal adalah jaringan lunak berupa serat yang mengelilingi akar gigi dan mengikatkannya dengan tulang alveolar. Serat pada jaringan ini dibagi

dalam 4 kelompok yaitu : (1) *alveolar crestal group*, meluas dari daerah serviks akar sampai ke puncak alveolar; (2) *horizontal group*, berjalan tegak lurus dari gigi ke tulang alveolar; (3) *oblique group*, sekelompok serat arahnya miring, berjalan dari sementum ke bagian puncak alveolar; (4) *apical group*, menyebar di bagian dari tulang ke gigi.¹⁵

c. Sementum

Sementum adalah lapisan tipis jaringan yang tereliminasi dan menutupi permukaan akar gigi. Karakteristik sementum adalah berwarna kuning terang; menutupi dan melekat pada dentin bagian akar gigi; merupakan jaringan seperti tulang yang lebih resisten terhadap resorpsi dibandingkan dengan tulang; tidak memiliki vaskularisasi sendiri; karena sementum mendapatkan nutrisi dari ligamen periodontal; tidak memiliki saraf dan tidak sensitif terhadap rasa sakit.¹⁵

d. Tulang Alveolar

Tulang alveolar adalah penonjolan tulang yang mengelilingi, mendukung, dan melindungi akar gigi. Keberadaan tulang alveolar tergantung pada ada atau tidaknya gigi. Jika gigi di ekstraksi maka tulang alveolar akan mengalami resorpsi, dan jika gigi tidak erupsi maka tulang alveolar tidak akan terbentuk. Tulang alveolar ini terdiri dari : (1) tulang kortikal; (2) tulang kancellus; (3) alveolus; (4) *alveolar bone proper*; (5) periosteum. Bagian-bagian dari tulang alveolar adalah *alveolar crest*, tulang interproksimal, dan tulang interadikular.¹⁵

2.6 Gambaran Normal Radiografi Periapikal

Gambaran radiografi jaringan periodontal dapat bervariasi pada setiap orang, namun ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan, yaitu :^{1,3,7-8,10,17}

1. Enamel, merupakan bagian gigi terpadat, mahkota gigi yang terlihat radiopak yang berakhir pada batas *cementoenamel junction*;

2. Dentin, merupakan struktur gigi setelah enamel tetapi tidak mengalami kalsifikasi sehingga tidak begitu radiopak. Jika hasil radiografi tidak begitu baik maka sulit membedakan batas dari enamel, dentin, dan *dentinoenamel junction*;

3. Sementum, merupakan struktur yang tipis, kalsifikasi pada permukaan akar gigi. Sulit membedakan antara sementum dari dentin karena struktur ini begitu tipis dan densitasnya tidak jauh berbeda dari dentin. Hasil foto roentgen terbaik sementum ketika mengalami patologi yaitu hipersementosis (pertumbuhan sementum yang berlebihan);

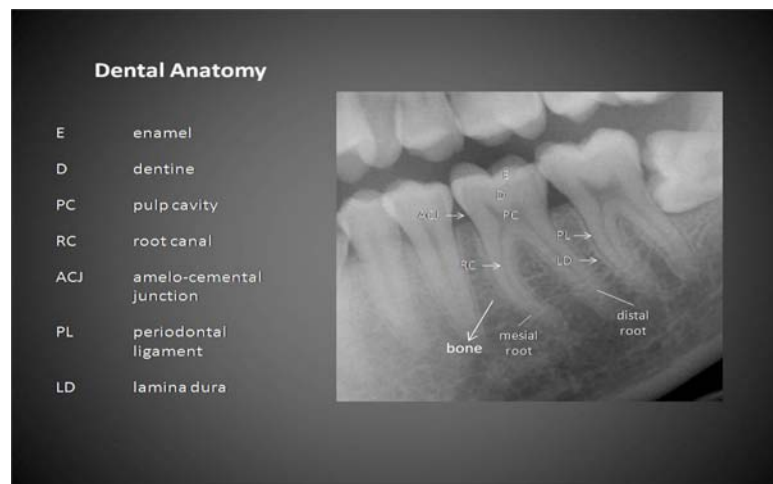
4. Pulpa, berada di tengah mahkota dan akar gigi dan radiolusen. Seiring pertambahan umur maka kamar pulpa akan semakin mengecil bahkan dalam beberapa kasus hilang tertutup dentin sekunder;

5. Ligamen periodontal, digambarkan sebagai garis radiolusen tipis yang mengitari akar gigi bersebelahan tulang alveolar;

6. Lamina dura, berupa garis radiopak dan berjalan tanpa putus;

7. Tulang alveolar, terlihat seperti garis-garis radiopak yang gunanya sebagai pendukung atau penahan gigi. Terdiri dari tulang kancellus dan kortikal-*compact bone* (padat).

8. Tulang kortikal, terlihat radiopak yang berada pada maksila, *buccal and lingual plates*, bagian depan mandibula, lamina dura dan *alveolar crest*.



Gambar 8. Gambar anatomi normal radiografi gigi dan jaringan sekitarnya¹⁷

2.7 Kerangka Konsep

