

BAB 2

Tinjauan Pustaka

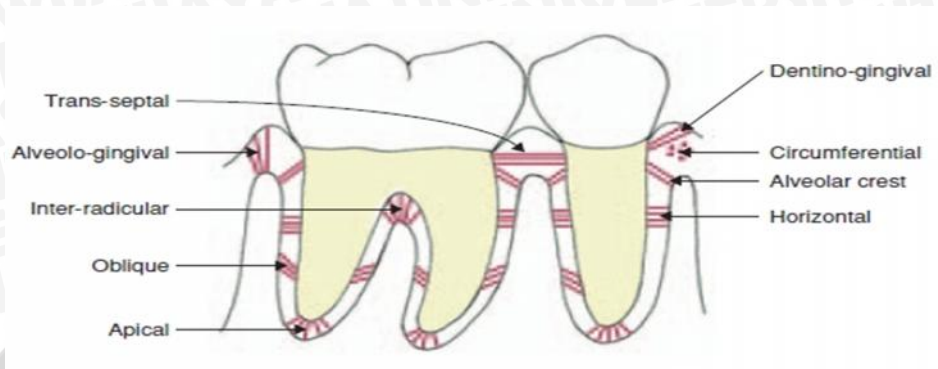
2.1 Ligamen Periodontal

Serat periodontal atau ligamen periodontal, biasa disingkat PDL adalah sekelompok serat jaringan ikat khusus yang pada dasarnya melekatkan gigi ke tulang alveolar. Serat ini membantu gigi mengatasi gaya tekan alami substansial yang terjadi selama mengunyah dan tetap tertanam dalam tulang. Fungsi dari PDL antara lain pendukung jaringan, sensori, suplai nutrisi, homeostatis dan erupsi (Wolf&Rateitschak, 2005)

Struktur dari PDL terdiri dari sel, dan fiber ekstraseluler. Sel nya meliputi fibroblas, epitel, *undifferentiated mesenchymal cells*, sel tulang dan sementum. Kompartemen ekstraseluler terdiri dari serat bundel kolagen . Substansi PDL telah diperkirakan menjadi 70% air dan diperkirakan memiliki efek yang signifiakn pada kemampuan gigi untuk menahan tekanan.

PDL adalah bagian dari periodonsium yang menyediakan lekatan dari gigi ke tulang alveolar sekitarnya. Tampilan PDL ialah ruang periodontal 0,4-1,5 mm pada radiografi, area radiolusen antara radiopak lamina dura dari tulang alveolar dan radiopak sementum. (Wolf & Rateitschak, 2005)

2.1.1 Jenis Serat Ligamen Periodontal



Gambar 2.1 Serabut pada ligamen periodontal secara keseluruhan (sumber:<http://www.neuronarc.com/development-and-structure-of-the-periodontal-ligament.html> diakses: 27 Januari 2012)

Serat kolagen ligamen periodontal dikelompokkan menurut orientasi serat tersebut dan lokasi di sepanjang gigi. Ada 5 serat kolagen utama yang langsung menempel pada gigi, antara lain :

a) Serat Alveolar Crest

Serat puncak alveolar memperpanjang secara miring dari arah sementum di bawah pertemuan epitel ke *alveolar crest*. Serat ini mencegah ekstrusi gigi dan menahan gerakan gigi ke arah lateral.

b) Serat Horizontal

Serat horizontal melekat pada sementum apikal pada serat *alveolar crest* dan tegak lurus dari akar gigi ke tulang alveolar.

c) Serat Oblique

Serat Oblique adalah serat paling banyak di ligamen periodontal, berjalan dari sementum dalam arah miring untuk memasukkan ke dalam tulang koronal.

d) Serat Apikal

Memancar dari sementum sekitar apeks dari akar tulang membentuk dasar soket.

e) Serat Interradikular

Serat interradikular hanya ditemukan antara akar dari gigi berakar multipel seperti molar. Serat ini juga melekatkan dari sementum dan memasukkan ke dalam tulang alveolar terdekat.

2.1.2 Komponen Ligamen Periodontal

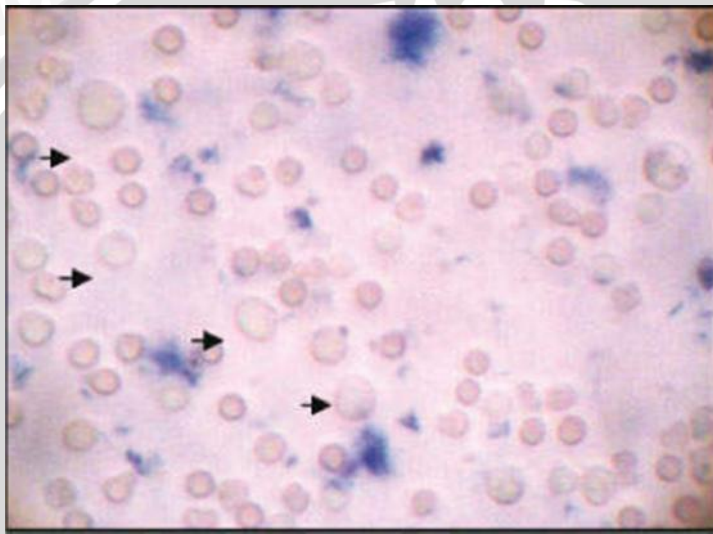
Ligamen periodontal adalah sebuah jaringan ikat yang memiliki seluruh komponen dari seluruh jaringan ikat seperti interseluler, sel-sel, dan serabut (Balogh dan Fahrenbach, 2006). Jaringan ikat berfungsi sebagai penunjang struktural dan metabolit untuk jaringan dan organ lain serta sebagai media pertukaran metabolit antara jaringan dan sistem sirkulasi. Komponen mayor dari jaringan ikat adalah sel dan material ekstraseluler (Wheater, 1979).

Ligamen periodontal juga memiliki suplai vaskular dan limfatik, dan suplai saraf, yang mana memasuki foramen apikal gigi untuk melayani gigi. Terdapat dua tipe saraf yang ditemukan di ligamen periodontal; yaitu aferen atau sensoris yang bermielin dan meneruskan sensasi yang terjadi di dalam ligamen periodontal dan simpatis otonom yang mengatur pembuluh darah (Balogh dan Fahrenbach, 2006).

2.1.3 Fibroblas Ligamen Periodontal dan Fungsinya

Fibroblas (*L.fibra*, serat : Yunani. *Blastos*, benih : Latin) adalah sel yang menghasilkan serat dan substansi dasar amorf jaringan ikat biasa. Pada saat

sedang aktif menghasilkan substansi internal, sel ini memiliki juluran sitoplasma lebar atau tampak berbentuk kumparan. Sitoplasma yang banyak bersifat basofil dan anak intinya sangat jelas, yang menandakan adanya sintesis protein secara aktif. Fibroblas merupakan salah satu sel jaringan ikat dalam rongga mulut yang paling khas dan berperan penting dalam perkembangan dan pembentukan struktur.



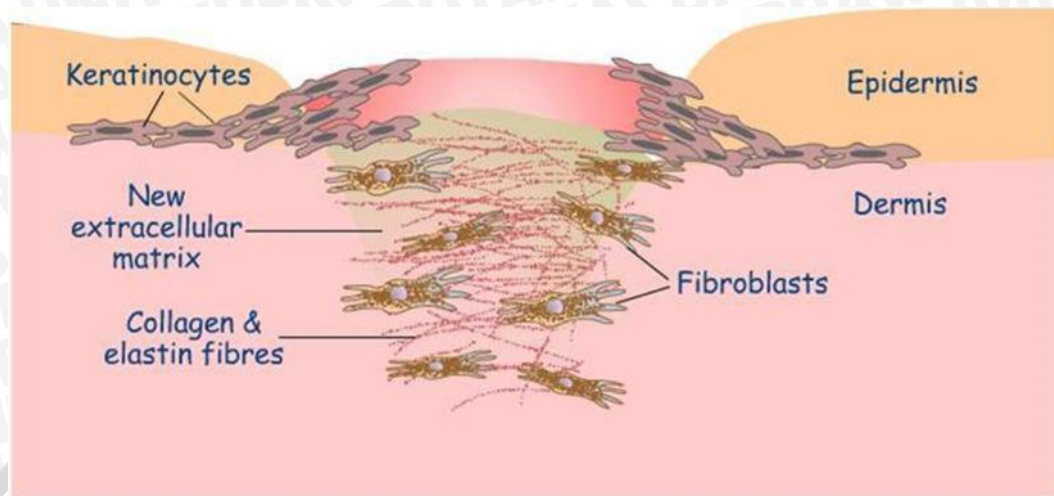
Gambar 2.2 Struktur mikroskopis fibroblas pada jaringan ikat longgar dengan pengecatan trypan blue. (sumber : Marcello P., et all, 2010)

Fibroblas paling banyak terdapat dalam ligamen periodontal dan secara rapat memenuhi populasi, bentuknya gelondong atau *disk flat* (pipih) dan mempunyai inti yang panjang dan ovoid, serta memiliki panjang yang bervariasi. Struktur sitoplasmiknya berhubungan dengan fibroblas lain dalam jaringan ikat manusia. Fibroblas membawa banyak vakuola sitoplasmik yang berisi serat-serat kolagen yang pendek dan enzim *proteolytic*, dimana bukti bahwa fibroblas juga turut serta dalam pembentukan badan serat melalui resorpsi dari kolagen yang telah dibentuk (Caranza, 2002). Fibroblas merupakan sel dengan bentuk tidak beraturan, agak gepeng dengan banyak cabang dan dari samping terlihat

berbentuk gelondong atau fusiform. Sitoplasmanya bergranula halus dan mempunyai inti lonjong, besar di tengah dengan satu atau dua anak inti jelas. Fibroblas adalah sel yang paling banyak terdapat dalam jaringan ikat, berfungsi menghasilkan serat dan substansi interseluler aktif amorf.

Fibroblas merupakan sel induk yang berperan membentuk dan meletakkan serat-serat dalam matrik, terutama serat kolagen. Sel ini mensekresikan molekul tropokolagen kecil yang bergabung dalam substansi dasar membentuk serat kolagen. Kolagen akan memberikan kekuatan dan integritas pada semua luka yang menyembuh dengan baik. Fibroblas merupakan sel yang menghasilkan serat-serat kolagen, retikulum, elastin, glikosaminoglikan, dan glikoprotein dari substansi interseluler amorf (Eroschenko, 2003).

Pada orang dewasa, fibroblas dalam jaringan mengalami perubahan. Mitosis hanya tampak jika organisme memerlukan fibroblas tambahan, yaitu jika jaringan ikat cedera. Fibroblas lebih aktif mensintesis komponen matriks sebagai respon terhadap luka dengan berproliferasi dan peningkatan fibrinogenesis. Oleh sebab itu, fibroblas menjadi agen utama dalam proses penyembuhan luka.



Gambar 2.3 Peran fibroblas dalam membentuk dan meletakkan serat-serat dalam matrik, terutama serat kolagen (sumber : Purnami, T. 2003)

Pada saat jaringan mengalami jejas yang menyebabkan terbentuknya lesi atau perlukaan, maka proses penyembuhan luka tersebut merupakan fenomena yang kompleks dan melibatkan beberapa proses. Penyembuhan luka sebagai salah satu prototip dari proses perbaikan jaringan merupakan proses yang dinamis, secara singkat meliputi proses inflamasi, diikuti oleh proses fibrosis atau fibriplasia, selanjutnya remodeling jaringan dan pembentukan jaringan parut (Purnami, T. 2003).

Proses fibrosis atau fibroplasia dan pembentukan jaringan parut merupakan proses perbaikan yang melibatkan jaringan ikat yang memiliki empat komponen : a) pembentukan pembuluh darah, b) migrasi dan proliferasi fibroblas, c) deposisi ECM (*extracellular matrix*), dan d) maturasi dan organisasi jaringan fibrous (remodelling). Dari keseluruhan proses yang telah disebutkan di atas, fibroblas memiliki peran penting pada proses fibrosis yang melibatkan dua dari keempat komponen di atas, fibroblas memiliki peran penting pada proses fibrosis yang melibatkan dua dari keempat komponen di atas yaitu migrasi dan fibronectin, serta peningkatan deposisi ECM oleh fibroblas.

Pada proses inflamasi terjadi perubahan vaskuler yang mempengaruhi besar, jumlah, dan permeabilitas pembuluh darah dan perubahan seluler yang menyebabkan kemotaksis ke arah jejas setelah proses inflamasi berkurang, dilanjutkan dengan proses fibrosis tahap awal yaitu migrasi dan proliferasi di daerah jejas. Migrasi dan proliferasi terutama dipacu oleh transforming growth factor- β (TGF- β), yaitu faktor pertumbuhan yang dihasilkan oleh jaringan granulasi yang terbentuk selama proses inflamasi (Kiristsy & Lynch, 1993). Migrasi dan peningkatan proliferasi fibroblas di daerah jejas akan meningkatkan sintesis kolagen dan fibronektin, serta peningkatan deposisi matriks ekstraseluler.

Pada tahap selanjutnya terjadi penurunan proliferasi sel endotel dan sel fibroblas, namun fibroblas menjadi lebih progresif dalam mensintesis kolagen dan fibronektin sehingga meningkatkan jumlah matriks ekstraselular yang berkurang selama inflamasi. Selain TGF- β , beberapa faktor pertumbuhan lain yang ikut mengatur proliferasi fibroblas juga membantu menstimulasi sintesis matriks ekstraselular. Pembentukan serabut kolagen pada daerah jejas merupakan hal yang penting untuk meningkatkan kekuatan penyembuhan luka. Sintesis kolagen dan fibroblas dimulai relatif awal pada proses penyembuhan (hari ke 3-5) dan berlanjut terus sampai beberapa minggu tergantung ukuran luka.

Menurut Soder & Saleh (1999), sintesis kolagen oleh fibroblas mencapai puncaknya pada hari ke-5 sampai ke-7. Proses sintesis ini banyak bergantung pada vaskularisasi dan perfusi di daerah lunak, dan mencapai hasil optimal dalam lingkungan yang sedikit asam. Pada proses akhir dari penyembuhan luka adalah pembentukan jaringan parut, yaitu jaringan granulasi yang berbentuk spindle, kolagen, fragmen dari jaringan elastik dan

berbagai komponen matriks ekstraselular. Jadi, pada saat jaringan mengalami perlukaan, maka fibroblas yang akan segera bermigrasi ke arah luka, berproliferasi dan memproduksi matriks kolagen dalam jumlah besar yang akan membantu mengisolasi dan memperbaiki jaringan yang rusak.

2.2 Avulsi

2.2.1 Definisi

Gigi avulsi menurut Tsukiboshi (2000) adalah lepasnya gigi secara utuh dari tulang alveolar dengan hilangnya suplai aliran darah pulpa secara menyeluruh. Mekanisme keluarnya gigi dari soket dapat terjadi karena dampak kekuatan frontal yang menyebabkan avulsi dengan kerusakan pulpa dan ligamen periodontal (Andreasen dan Andreasen, 2007). Avulsi gigi yang merupakan kelas V Ellis dan Davey adalah lepasnya gigi dari soket alveolar secara utuh akibat trauma injuri. Ligamen periodontal putus dan patahnya tulang alveolus ada kemungkinan terjadi.

2.2.2 Diagnosis

Untuk diagnosisnya, secara tampilan klinis dan radiografi menunjukkan bahwa gigi tidak berada pada soket atau gigi telah direplantasi. Penilaian radiografi akan memverifikasi bahwa gigi tersebut tidak mengalami intrusi ketika gigi tidak ditemukan (Andreasen and Andreasen, 2000).

2.2.3 Perawatan

Istilah avulsi ini diartikan sebagai menempatkan kembali gigi pada soketnya, dengan tujuan mencapai pengikatan kembali bila gigi telah terlepas sama sekali dari soketnya karena kecelakaan (McDonald et al , 2004).

Syarat replantasi antara lain :

- a. Gigi yang avulsi sebaiknya sehat, tidak terdapat karies yang luas, untuk mencegah kerusakan ligamen periodontal.
- b. Tulang alveolar harus tetap utuh agar dapat menahan gigi, tidak ada fraktur atau penyakit jaringan periodontal.
- c. Gigi yang avulsi sebaiknya berada pada posisi yang baik dalam lengkungnya tanpa kelainan orthodonti. Gigi yang berjejal atau berada pada posisi lingual atau bukal yang terkunci tidak baik untuk dilakukan replantasi.
- d. Lamanya gigi di luar mulut harus dipertimbangkan. Gigi yang sudah lebih dari dua jam berada di luar mulut dapat menyebabkan mudahnya terjadi resorpsi akar dan sebainya dipertimbangkan sebagai gigi dengan resiko yang buruk.
- e. Cara penyimpanan gigi yang avulsi sebelum replantasi sangat mempengaruhi kesuksesan perawatan. Hal ini berhubungan dengan pencegahan terhadap terjadinya dehidrasi sisa ligamen periodontal pada akar gigi setelah keluar dari soket sampai menuju tempat praktek dokter gigi.

Jenis perawatan dibagi menjadi 2, untuk gigi sulung dan gigi permanen. Pada gigi sulung perawatan ditujukan untuk mencegah trauma lebih lanjut yang akan mengenai gigi penggantinya. Avulsi gigi sulung seharusnya tidak perlu direplantasi karena potensial dari kerusakan berikutnya akan membentuk bakteri gigi permanen.

Pada gigi permanen replantasi secepatnya dan menstabilisasikan gigi pada lengkung anatomi yang benar agar proses penyembuhan dari ligamen periodontal dan suplai neurovaskular berjalan optimal seiring dengan menjaga estetik dan integritas fungsi kecuali dimana replantasi menjadi suatu kontraindikasi pada masa perkembangan gigi anak karena beresiko terjadinya

ankylosis dimana pertumbuhan alveolar harus mengambil tempat tersebut. Adanya bahaya dari kondisi medis dan integritas gigi yang avulsi atau jaringan pendukung juga merupakan kontraindikasi untuk tindakan replantasi.

Diindikasikan *Flexible Splinting* untuk 2 minggu. Tetanus profilaksis dan antibiotik untuk menghindari inflamasi yang mungkin terjadi sebagai hasil luka perlekatan gigi dan atau infeksi pulpa (Barrett & Kenny, 1997)

2.2.4 Prognosa

Prognosis pada gigi permanen bergantung pada formasi dari pembentukan akar dan waktu kering extraoral. Gigi mempunyai prognosis yang sangat baik jika direplantasi segera. Jika gigi tidak bisa direplantasi dalam waktu 5 menit, gigi tersebut harus disimpan dalam sebuah media yang membantu menjaga vitalitas dari fiber periodontal ligamen (Nikoui et al, 2003).

2.3 Media Penyimpanan

Pertimbangan perawatan awal gigi avulsi adalah untuk mempertahankan vitalitas jaringan ligamen periodontal pada permukaan akar. Semakin lama gigi berada di luar mulut, semakin jelek prognosanya untuk dapat bertahan hidup. Hal ini terjadi karena gigi tersebut menjadi kering sehingga banyak ligamen periodontal yang mati (McTigue, 2001).

Ligamen periodontal perlu dipertahankan karena fungsi ligamen periodontal adalah untuk mempertahankan gigi di dalam soket gigi; menahan tekanan dalam arah aksial; melindungi pembuluh darah, limfe, dan saraf yang menyuplai gigi; membantu menahan gigi agar tidak miring atau berputar; dan mencegah luksasi gigi (Daliemunthe, 2001).

Media penyimpanan gigi merupakan media tempat gigi avulsi disimpan, bila replantasi segera tidak dapat dilakukan (Jacobsen, & Andreasen, 2003). Media ini dapat memelihara ligamen periodontal selama perjalanan ke klinik gigi (Sigalas *et al.*, 2004). Beberapa jenis media penyimpanan berdasarkan urutan yang paling baik digunakan adalah larutan garam isotonik, susu, saliva, dan air (Krasner, 2005).

Menurut David dan Barret (2001), penelitian lain yang bisa dilakukan untuk menilai suatu media sebagai media penyimpanan gigi avulsi adalah *plating efficiency test*, *mitogenic assay*, *clonogenic capacity* dan *immunohistochemical markers*. *Plating efficiency test* merupakan pengukuran kemampuan perlekatan sel-sel ligamen periodontal. *Mitogenic assay* merupakan pengukuran kapasitas fungsi keseluruhan sel-sel ligamen periodontal dan sel progenitor dalam media yang digunakan untuk melekatkan sel-sel ligamen periodontal dengan substratnya. *Clonogenic capacity* pemeriksaan yang memperkirakan proporsi sel progenitor dalam populasi sel ligamen periodontal yang menunjukkan proliferasi dan kemampuan pembentukan koloni setelah dilakukan replantasi. Sedangkan *immunohistochemical markers* adalah pemeriksaan untuk mengukur metabolisme seluler yang dapat membuktikan tipe, lokasi, dan produk seluler serta perubahan dalam populasi sel.

2.3.1 Larutan garam Isotonik

a. Eagle

Eagle's Minimal Essential Medium mengandung 4 ml dari L-Glutamine; 105 IU/L penisilin; 100 mikrogram/ml streptomycin. 10 mikrogram/mL dari nistatin dan serum *calf* (10%v/v). Banyak penelitian menunjukkan bahwa larutan Eagle pada 37° Celcius dapat menjaga fibroblas ligamen periodontal untuk waktu yang cukup

lama sebelum replantasi gigi. Seperti yang dikemukakan Ashkenazi et al., media Eagle memiliki viabilitas cukup tinggi, *mitogenic* dan *clonogenic* sampai dengan 8 jam pada suhu 4° Celcius. Ketika penyimpanan sampai 24 jam, Eagle tidak seefektif susu ataupun *Hank's Balanced Salt Solution* (Flores MT et al., 2007).

Ashkenazi menyimpulkan bahwa ada kemungkinan temperatur rendah menginduksi agregasi yang menurunkan kapasitas fungsional sel dan Ashkenazi juga menyimpulkan bahwa rendahnya kapasitas fungsional ditemukan pada fibroblas ligamen periodontal yang disimpan pada media Eagle dibandingkan dengan *Hank's Balanced Salt Solution* dan *ViaSpan*. Media Eagle terdapat suplemen faktor pertumbuhan dan antibiotik (Langer & Sherwood, 2005).

Dalam hasil penelitian peneliti lain mengemukakan bahwa media Eagle dalam hal kapasitas menjaga viabilitas, *mitogenic* dan *clonogenic* setelah 24 jam pada suhu ruangan kedua terbaik setelah *Hank's Balanced Salt Solution* dikarenakan faktor pertumbuhan yang ada di dalamnya. Eagle bersifat biokompatibel dengan sel-sel ligamen periodontal karena mempunyai osmolalitas yang ideal yaitu 270 sampai 320 Mosm, pH yang seimbang, non-toksik, dan mengandung berbagai nutrisi yang penting, seperti kalsium, fosfat, kalium, dan glukosa yang diperlukan untuk mempertahankan metabolisme sel yang normal untuk waktu yang lama (Langer & Sherwood, 2005).

b. Salin Fisiologis

Salin fisiologis merupakan larutan lain yang juga baik digunakan sebagai media penyimpanan. Ralph E. McDonald *et al.*, mengatakan bahwa salin lebih baik digunakan sebagai media penyimpanan daripada air atau saliva, apabila gigi harus disimpan untuk waktu yang lama (lebih dari 30 menit sebelum replantasi). Salin fisiologis mempunyai konsentrasi yang sama dengan sel-sel akar gigi

sehingga tidak akan menyebabkan pembengkakan struktur sel. Namun kebutuhan metabolit dan glukosa untuk mempertahankan metabolisme sel yang normal tidak dapat terpenuhi oleh karena salin secara normal, sel yang menerima metabolit dan glukosa dari darah yang beredar dalam tubuh.

Langer mengatakan bahwa larutan salin dapat merusak sel apabila gigi tersebut direndam selama lebih dari satu atau dua jam. Hal ini disebabkan karena kebutuhan sel untuk mempertahankan metabolisme tidak terpenuhi.

Cvek *et al.*, menganjurkan bahwa gigi yang terlepas dan telah kering selama 15 menit sebaiknya dimasukkan ke dalam saline fisiologis selama kira-kira 30 menit sebelum replantasi, untuk menyegarkan kembali sel-sel tersebut.

c. Cairan Lensa Kontak

Larutan lensa kontak merupakan larutan salin isotonik steril yang mengandung natrium klorida, suatu sistem buffer antimikroba yang terdiri dari natrium boraks, asam boraks, dan natrium perboraks (membangkitkan sampai 0,006% hidrogen peroksida) distabilkan dalam asam fosfor.

Larutan lensa kontak dapat digunakan sebagai media penyimpanan, berdasarkan penelitian oleh Sigalas *et al.*, yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti mengenai kemampuan larutan-larutan lensa kontak dalam mempertahankan viabilitas sel-sel ligamen periodontal. Larutan tersebut dapat mempertahankan sel-sel fibroblas ligamen periodontal yang vital lebih banyak dibandingkan penyimpanan dengan susu murni pada temperatur ruangan ataupun temperatur dingin.

Larutan lensa kontak dapat digunakan sebagai media penyimpanan sementara untuk gigi avulsi selama satu jam bila larutan penyimpanan yang dapat diterima seperti HBSS atau susu dingin belum dapat diperoleh. Meskipun

demikian Huang *et al.*, tidak meyetujui pemakaian larutan lensa kontak sebagai pengganti salin pada berbagai situasi darurat.

d. Gatorade

Suatu media penyimpanan potensial yang umum ditemukan pada acara-acara olahraga adalah cairan rehidrasi mulut gatorade, yang komposisinya meliputi air, garam, natrium sitrat, kalium fosfat, dan asam sitrat. Minuman ini mempunyai pH 3 dan osmolalitasnya berada pada tingkat 280 sampai 360 mOsmL.

Menurut penelitian Sigalas *et al.*, gatorade dengan es (pada temperatur 0 derajat celcius) dapat digunakan sebagai media penyimpanan sementara gigi avulsi selama maksimal satu jam sebelum mendapatkan media penyimpanan lainnya.

2.3.2 Saliva

Saliva dapat digunakan sebagai media penyimpanan karena mempunyai suhu yang sama dengan suhu kamar. Beberapa penelitian mendukung bahwa penyimpanan yang masih dapat diterima di dalam saliva adalah sampai 30 menit. Lewat waktu tersebut, menurut Paul Krasner, saliva sebagai media penyimpanan dapat menimbulkan masalah karena saliva secara alamiah mengandung mikroorganisme yang dapat menyebabkan infeksi berat pada akar gigi. Akibat infeksi tersebut, sel-sel ligamen periodontal mempunyai kemampuan untuk berikatan, mengadakan proliferasi dan kolonisasi kembali dengan permukaan akar (kapasitas klonogenik 7,6%) selama 30 menit berada dala saliva. Setelah 30 menit kapasitas fungsional ligamen periodontal akan menurun dengan cepat.

Beberapa penelitian telah menganjurkan bahwa menyimpan gigi dalam mlut pasien (saliva) adalah baik bagi kelangsungan hidup ligamen periodontal.

Gigi dapat ditahan pada vestibulum bukal atau di bawah lidah. Tetapi penyimpanan gigi dalam mulut dapat menimbulkan masalah bagi anak, seperti tertelannya gigi, terhirup atau kemungkinan anak menguyah giginya. Untuk menghindari keadaan tersebut, saliva (bersama dengan darah yang mungkin juga ada di dalamnya) dikumpulkan di dalam sebuah wadah kecil sehingga gigi dapat dimasukkan ke dalamnya (McDonald, Avery, & Dean, 2004).

2.3.3 Air

Menurut David J.Kenny dan Edward J.Barret, air dapat diterima sebagai media penyimpanan sampai 15 menit apabila tidak ada pilihan lain. Kerusakan sel oleh karena imbibisi tidak dapat dihindarkan tapi dapat dikurangi dengan memasukkan gigi ke dalam media penyimpanan, yaitu air. Tapi penelitian oleh Sigalas *et al.*, menunjukkan bahwa sangat sedikit sel-sel ligamen periodontal yang dapat bertahan hidup dalam air pada temperatur ruangan maupun temperatur dingin.

Menurut J.R. Pinkham *et al.*, air bukanlah media penyimpanan yang efektif karena merupakan larutan hipotonik yang dapat menyebabkan sel-sel ligamen periodontal membengkak dan menjadi pecah. Penelitian oleh paul Krasner, air dapat menyebabkan kerusakan pada sel-sel akar karena tingkat metabolit dan pH yang rendah pada air. Ketika gigi avulsi ditempatkan ke dalam air, sel-sel ligamen periodontal akan beradaptasi sama dengan lingkungan sekitarnya dalam hal pH dan temperatur, dan pecah.

2.4 Susu

2.4.1 Definisi

Kamus Webster mendefinisikan susu sebagai cairan putih atau kekuningan yang terdiri dari gelembung-gelembung kecil lemak tersuspensi dalam larutan air, disekresikan oleh kelenjar susu untuk nutrisi pada bayi baru lahir. Susu sapi segar adalah hasil pemerahan sapi atau hewan menyusui lainnya yang dapat dimakan atau digunakan sebagai bahan makanan, yang aman dan sehat serta tidak dikurangi komponennya atau ditambah bahan-bahan lain (Saleh, 2004).

Menurut Saleh (2004), susu yang baik adalah susu yang mengandung jumlah bakteri sedikit, tidak mengandung spora mikroba patogen, bersih yaitu tidak mengandung debu atau kotoran lainnya dan mempunyai cita rasa (*flavour*) yang baik. Komponen-komponen yang penting dalam air susu adalah protein, lemak, vitamin, mineral, laktosa serta enzim-enzim dan beberapa mikroba (Lampert, 1980).

2.4.2 Komponen

Secara umum, komposisi susu sapi segar terdiri atas, 87,87% kadar air, 4,09% lemak, 3,71% protein, 4,20% laktosa, 0,79% kadar abu dan beberapa vitamin yang larut dalam lemak susu, yaitu vitamin A, D, E, K (Buckle *et al.*, 1987).

2.4.2.1 Lemak Susu

Awalnya lemak susu disekresikan dalam bentuk globul lemak yang dikelilingi oleh sebuah membran (Fox, 1995). Setiap globul lemak hampir seluruhnya terdiri dari triasilgliserol dan dikelilingi oleh membran yang terdiri dari lipid kompleks seperti fosfolipid, bersama dengan protein. Globul ini bertindak

sebagai pengemulsi yang menjaga gumpalan individu dari penggabungan dan melindungi isi dari globul dari berbagai enzim di bagian cairan susu.

Meskipun 97-98% dari lipid adalah triasilgliserol, diasilgliserol dan monoasilgliserol, ester bebas kolesterol dan kolesterol, asam lemak bebas, dan fosfolipid juga ada di dalamnya. Tidak seperti protein dan karbohidrat, komposisi lemak dalam susu sangat bervariasi dalam komposisi yang dipengaruhi oleh genetik, perbedaan faktor menyusui, dan gizi antara spesies yang berbeda (Fox, 1995).

Seperti komposisi, globul-globul lemak bervariasi dalam ukuran dari yang kurang 0,2 hingga sekitar 15 mikrometer. Diameter juga dapat bervariasi antara hewan dalam satu spesies dan pada waktu yang berbeda dalam pemerahan susu sapi yang tidak dihomogenisasi, globul lemak memiliki diameter rata-rata, yaitu 2-4 mikrometer dan dengan homogenisasi sekitar 0,4 mikrometer (Fox, 1995). Vitamin yang larut dalam lemak antara lain A, D, E, dan K bersama dengan asam lemak esensial seperti asam linoleat dan asam ini ditemukan dalam bagian lemak susu (McGee, 2004).

2.4.2.2 Protein

Susu sapi normal mengandung 30-35 gram protein per liter dimana sekitar 80% tersusun dalam kasein misel. Struktur terbesar dalam bagian cairan susu adalah protein kasein misel ; agregat dari beberapa ribu molekul protein yang terikat dengan bantuan partikel kalsium fosfat yang berskala nanometer. Setiap misel berbentuk bola dan sekitar sepersepuluh dari jumlahnya.

Ada empat jenis kasein, α_1 -, α_2 -, β -, κ -kasein dan secara kolektif keempatnya menyusun 76-86% dari protein dalam susu dalam beratnya (Fox, 1995). Sebagian besar protein kasein terikat dalam misel. Ada beberapa teori

yang bersaing mengenai struktur yang tepat dari misel, tetapi mereka berbagi satu fitur penting, lapisan terluar terdiri dari satu untaian jenis protein, k-kasein, keluar dari tubuh misel ke dalam cairan sekitarnya. Kappa-kasein ini hampir semua molekulnya memiliki muatan listrik negatif dan karena itu tolak-menolak satu sama lain, menjaga misel terpisah dalam kondisi normal dan dalam suspensi koloid stabil dalam cairan sekitar yang berbasis air (Harold, 1984).

Susu mengandung puluhan jenis lain protein kasein sampingan termasuk enzim. Protein-protein lain yang lebih larut dalam air daripada kasein dan tidak membentuk struktur yang lebih besar karena protein tetap tersuspensi dalam *whey* yang tertinggal ketika kasein mengental menjadi dadih, yang secara kolektif dikenal sebagai *whey protein*. *Whey protein* membentuk sekitar 20% dari protein dalam berat susu. Lactoglobulin adalah *whey protein* yang paling umum dengan margin besar (McGee, 2004).

2.4.2.3 Air

Kadar air pada susu berkisar dari sekitar 90% di kanguru sampai kurang dari 50% pada ikan paus. Susu merupakan sumber utama air bagi mamalia muda dan akan dehidrasi secara cepat tanpa ada air pada komponen susu. Kadar air dalam susu sangat dipengaruhi oleh sintesis laktosa (semakin banyak laktosa yang disintesis, semakin banyak kadar airnya). Susu sapi mengandung kurang lebih 87% air (Fox, 1995).

2.4.2.4 Vitamin dan Mineral

Susu mengandung semua vitamin utama. Vitamin yang larut dalam lemak A, D, E, K ditemukan dalam susu. Vitamin B ditemukan dalam fase cair susu. Susu di Kanada dan Amerika diperkaya dengan vitamin D. Vitamin A juga

ditambahkan ke dalam susu guna mengurangi lemak produk. Semua mineral penting untuk manusia ada pada susu sapi. Mineral utama susu, kalsium dan fosfor yang terkait dengan kasein misel (Fox, 1995).

Mineral dalam susu ada dalam dua bentuk : 1) sebagai ion molekul ringan dan kompleks (garam diffus). 2) Garam non diffus yang terikat pada protein. Kation yang paling umum dalam susu adalah K, Na, Ca, dan Mg dan anion yang paling umum adalah Cl dan fosfat anorganik. Selain susu yang mempunyai zat pembangun yang kompleks, susu juga mengandung mineral penting seperti Mg, Ca, K, Cl, dan mineral-mineral lain seperti Fe, Zn dan Mn (Soeparno, 1991).

