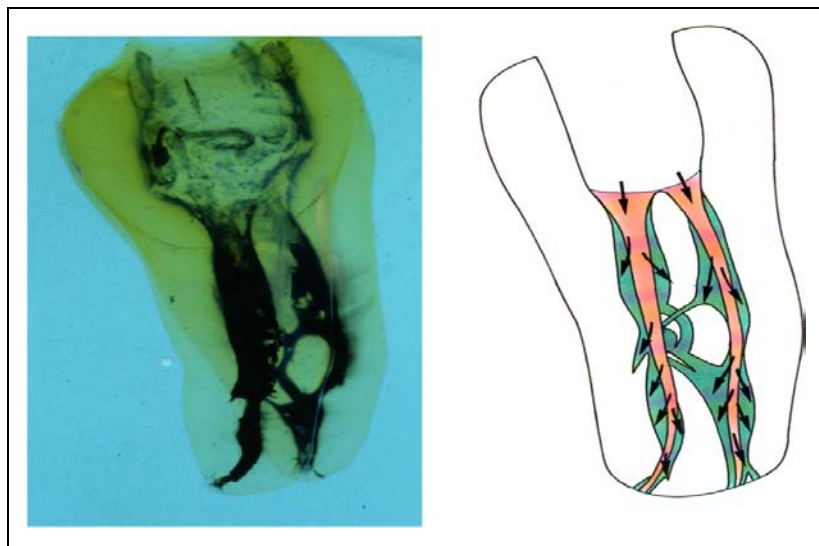


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Kompleksitas anatomi saluran akar, invasi mikroorganisme ke dalam tubulus-tubulus dentin dan pembentukan *smear layer* selama instrumentasi merupakan hambatan terbesar dalam proses pembersihan dan pembentukan (*cleaning* dan *shaping*) saluran akar dengan instrumentasi secara mekanis.²⁹ Instrumentasi saluran akar secara mekanis dengan instrumen endodonti hanya dapat mengangkat jaringan pulpa vital ataupun nekrotik dari saluran akar utama saja, tetapi tidak pada saluran akar yang tidak terinstrumentasi; seperti pada kanal-kanal aksesoris dan ramifikasi saluran akar (Gambar 1).^{4,5,29,30}



Gambar 1. Kompleksitas anatomi saluran akar³⁰

Irigasi saluran akar merupakan tahap paling penting yang akan menunjang keberhasilan perawatan saluran akar karena tindakan irigasi mampu membersihkan daerah-daerah saluran akar yang tidak dapat dicapai dengan instrumentasi mekanis. Larutan irigasi mampu berpenetrasi ke dalam tubulus-tubulus dentin dan mematikan mikroorganisme. Larutan irigasi juga memudahkan pengeluaran dan melarutkan

smear layer yang terbentuk selama tahap instrumentasi saluran akar.¹ Kemampuan bahan irigasi dalam mengangkat *smear layer* menjadi pertimbangan penting selama perawatan saluran akar karena *smear layer* dapat menimbulkan dampak yang merugikan dalam perawatan saluran akar sehingga diperlukan bahan irigasi yang juga mampu menyingkirkan *smear layer*.^{4,6}

2.1 Smear Layer dalam Saluran Akar

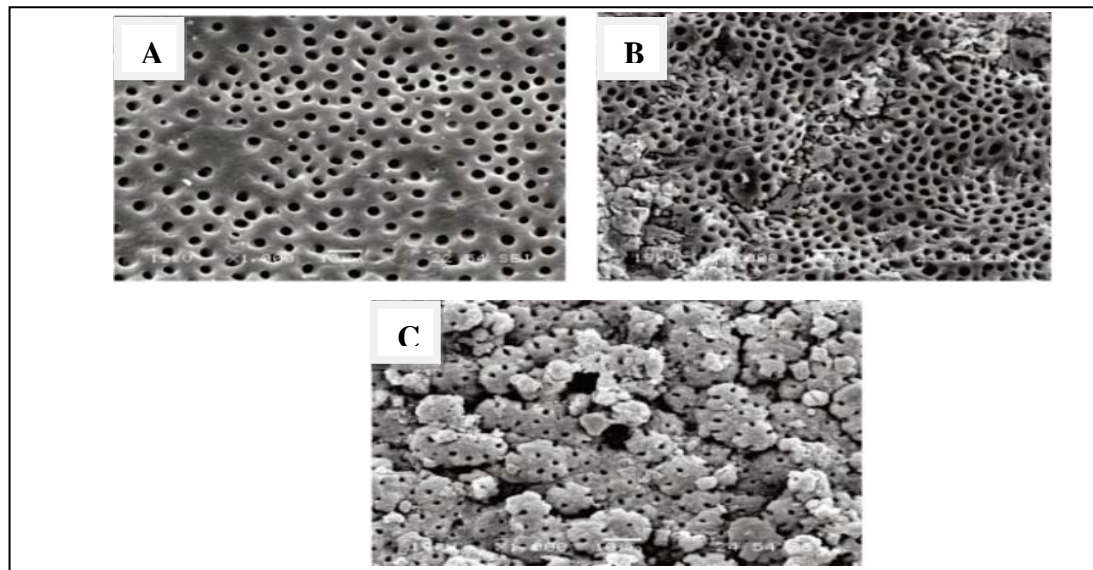
Smear layer adalah lapisan yang terbentuk pada saluran akar yang telah dipreparasi dan tidak dijumpai pada saluran akar yang tidak dipreparasi.⁶ Komposisi secara pasti dari *smear layer* belum dapat ditentukan. Namun, beberapa penelitian menyatakan bahwa *smear layer* mengandung material organik dan anorganik. Material organik berupa jaringan pulpa vital ataupun nekrotik, sel-sel darah, kolagen, protein koagulan, prosesus odontoblas, bakteri dan hasil produk bakteri (endotoksin dan eksotoksin).^{4,6} Material anorganik dari komponen anorganik dentin yang sebahagian besar mengandung kalsium hidroksiapatit dan trikalsium posfat.⁷

Gambaran *smear layer* pada *scanning electron microscope* terlihat seperti lapisan tidak teratur, struktur amorf dan berbentuk granul-granul yang menutupi dinding saluran akar sampai ke tubulus dentin.³ Morfologi *smear layer* terdiri atas dua lapisan. Lapisan pada bagian superfisial berupa lapisan longgar dengan ketebalan 1-2 μm dan terdiri dari komponen organik dan partikel dentin. Lapisan yang lebih dalam berbentuk partikel-partikel yang lebih kecil meluas ke dalam tubulus dentin sampai kedalaman 40 μm dan sebahagian besar dibentuk oleh potongan-potongan dentin pada saat preparasi saluran akar.^{6,8} Goldman *et al* (1981) menyatakan bahwa ketebalan *smear layer* diperkirakan 1 μm dan sebahagian besar mengandung komponen anorganik. Eick *et al.* (1970) menyimpulkan bahwa ukuran *smear layer* bervariasi antara 0,5- 15 μm .⁸

Banyak kontroversi dari para ahli yang menyatakan apakah *smear layer* harus dihilangkan atau tidak dari saluran akar. Namun, para peneliti umumnya mendukung penyingkiran *smear layer* karena kenyataannya keberadaan *smear layer* lebih banyak menimbulkan dampak negatif pada perawatan saluran akar. Bakteri

kemungkinan dapat tertinggal pada *smear layer* walaupun setelah tindakan preparasi *chemomechanical*. George *et al.* (2005) menyatakan bahwa *smear layer* dapat menjadi substrat bagi bakteri sehingga bakteri dapat bertahan hidup pada *smear layer*, berkembang dan berproliferasi ke dalam tubulus dentin.^{6,8} *Smear layer* juga sebagai penghalang terhadap adaptasi dan penetrasi bahan *sealer* ke tubulus dentin sehingga dapat memicu terjadinya celah mikro di apikal saluran.^{6,9} Shahravan *et al.* (2007) meneliti pengaruh *smear layer* terhadap pembentukan celah mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyingkiran *smear layer* akan mengurangi terjadinya celah mikro di apikal saluran akar.⁹

Pengukuran tingkat kebersihan saluran akar dari *smear layer* dapat ditentukan dengan penggunaan skor Torabinejad (2003). Penentuan skor Torabinejad dengan menggunakan *scanning electron microscope* pada pembesaran 1000x. Skor 1 berarti tidak ada *smear layer* pada permukaan saluran akar, seluruh tubulus bersih dan terbuka (Gambar 2A), skor 2 dikategorikan dalam *moderate smear layer* dengan tidak ada *smear layer* yang terlihat pada permukaan saluran akar, tetapi tubulus dentin terdapat *smear layer* (Gambar 2B) dan skor 3 dikategorikan sebagai *heavy smear layer* dengan keadaan *smear layer* melapisi permukaan saluran akar dan tubulus dentin (Gambar 2C).⁹



Gambar 2. A. Tidak ada *smear layer*, B. *Moderate smear layer*, C. *Heavy smear layer*³¹

2.2 Tindakan Irigasi dalam Perawatan Saluran Akar

Instrumentasi mekanis pada saluran akar harus selalu disertai dengan irigasi saluran akar untuk menyingkirkan mikroorganisme secara maksimum, membersihkan saluran akar dari semua jaringan nekrotik ataupun vital, produk-produk yang dihasilkan oleh bakteri dan membersihkan serpihan dentin yang menumpuk selama dan sesudah pembentukan saluran akar (*shaping*).^{2,10}

Irigasi yang optimal dapat dicapai dengan penggunaan bahan irigasi yang memenuhi persyaratan dalam perawatan saluran akar. Bahan irigasi yang optimal diharapkan mampu membersihkan saluran akar sampai ke sepertiga apikal saluran karena kompleksitas anatomi saluran akar terletak di bagian apeks.^{1,29} Saluran akar pada bagian tersebut memiliki diameter yang lebih sempit yang akan menyulitkan preparasi saluran akar.¹⁴ Anatomi saluran akar yang sangat kompleks pada bagian sepertiga apikal dan adanya daerah yang tidak terinstrumentasi pada saluran akar dibutuhkanlah bahan irigasi yang mampu membersihkan saluran akar sampai ke sepertiga apikal sehingga dapat menunjang keberhasilan dalam perawatan saluran akar.^{1,29}

Adapun syarat-syarat bahan irigasi yang ideal adalah :^{3,32}

- a. Mempunyai sifat antimikroba
- b. Mampu melarutkan jaringan pulpa vital ataupun nekrotik
- c. Tidak toksik
- d. Dapat menjadi pelumas yang baik; adanya sifat pelumas dari bahan irigasi akan memudahkan instrumen masuk ke dalam saluran akar selama *cleaning* dan *shaping* dan menurunkan potensi terjadinya fraktur pada instrumen.
- e. Mempunyai tegangan permukaan yang rendah; larutan irigasi harus memiliki tegangan permukaan yang rendah agar dapat dengan mudah berpenetrasi sampai ke daerah sepertiga apikal saluran dan dapat mengalir pada daerah yang tidak terjangkau oleh instrumentasi.
- f. Dapat menyingkirkan *smear layer* yang terbentuk setelah preparasi saluran akar secara mekanis

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas larutan irigasi, yaitu:^{11,33}

a. Konsentrasi

Semakin tinggi konsentrasi larutan irigasi, maka larutan irigasi akan semakin baik efektivitasnya. Namun, penggunaan larutan irigasi dengan konsentrasi tinggi lebih bersifat toksik daripada konsentrasi rendah.

b. Kontak

Larutan irigasi harus dapat berkontak dengan substrat (mikroba, jaringan organik) agar mampu melarutkan atau mengangkat debris keluar saluran akar.

c. Kuantitas bahan irigasi yang digunakan

Barber *et al* membuktikan bahwa semakin banyak larutan irigasi yang digunakan, semakin tinggi pula efektivitas bahan irigasi tersebut.

d. Ukuran diameter jarum irigasi

Ukuran diameter jarum irigasi yang semakin kecil disarankan penggunaannya pada tindakan irigasi saluran akar karena dapat masuk ke dalam saluran akar lebih dalam untuk debridemen yang lebih baik.

e. Temperatur bahan irigasi

Larutan irigasi yang dihangatkan dapat meningkatkan efektivitasnya dalam tindakan irigasi saluran akar. Misalnya, bahan irigasi sodium hipoklorit (NaOCl) yang dihangatkan pada suhu 60-70°C sebelum irigasi lebih efektif dalam melarutkan jaringan organik.

f. Frekuensi irigasi

Peningkatan frekuensi irigasi selama instrumentasi dapat memberikan keuntungan yaitu; lebih baik dalam melarutkan jaringan dan fungsi larutan irigasi dalam saluran akar semakin efektif.

g. Diameter saluran akar

Tindakan irigasi saluran akar akan lebih baik jika diameter saluran akar diperlebar dengan preparasi saluran akar secara mekanis (*shaping*).

2.3 Jenis- Jenis Bahan Irigasi Saluran Akar

Hingga saat ini, belum ada bahan irigasi tunggal yang dapat memenuhi persyaratan bahan irigasi yang ideal sehingga penggunaan bahan irigasi harus dikombinasi untuk memenuhi kriteria tersebut. Beberapa bahan irigasi yang sering digunakan dan sedang berkembang adalah sodium hipoklorit, EDTA, klorheksidin, MTAD.^{10,11}

2.3.1 Sodium Hipoklorit (NaOCl)

Sodium hipoklorit pertama kali digunakan pada perang dunia pertama oleh ahli kimia Henry Drysdale Dakin untuk mengobati luka infeksi. Konsentrasi yang digunakan Dakin adalah 0,5%. Pada tahun 1936, Walker menyarankan penggunaan sodium hipoklorit untuk perawatan saluran akar. Grossmann juga menggunakan 5% larutan ini untuk bahan medikamen saluran akar^{1,11,34}

Konsentrasi NaOCl yang sering digunakan sebagai bahan irigasi saluran akar berkisar antara 0,5% - 5,25%. Dalam bidang endodonti, NaOCl memiliki aktivitas antibakteri spektrum luas melawan mikroorganisme dan *biofilm* di sistem saluran akar, termasuk juga mikroba yang sulit disingkirkan dari saluran akar, seperti *Enterococcus faecalis*, *Actinomyces* dan *Candida*.³⁴

NaOCl pada konsentrasi 0,5% dan 1% sudah dapat melarutkan jaringan nekrotik. Madden *et al.* (1977) melaporkan bahwa NaOCl pada konsentrasi 2,5% dan 5% lebih baik melarutkan jaringan organik daripada NaOCl 0,5%. Penggunaan konsentrasi NaOCl yang disarankan sebagai bahan irigasi adalah 2,5% karena cukup aman digunakan dibandingkan NaOCl 5% dan mempunyai efek melarutkan jaringan organik dan antibakteri yang efektif.^{3,34}

Larutan NaOCl bertindak sebagai pelarut organik dan lemak. Dalam air, sodium hipoklorit berionisasi menjadi sodium hidroksida (NaOH) dan asam hipoklorit (HOCl). Ketika NaOCl berkontak dengan jaringan organik, beberapa reaksi kimia terjadi, seperti asam lemak bereaksi dengan senyawa sodium hidroksida (NaOH) membentuk sabun (*soap*) dan *glycerol (alcohol)* yang mengurangi tegangan permukaan NaOCl (reaksi saponifikasi) (Gambar 3). Asam amino bereaksi dengan

Tegangan permukaan NaOCl yang tinggi juga menyebabkan NaOCl kurang bisa berpenetrasi ke saluran akar yang lebih dalam, memiliki bau dan rasa yang tidak enak serta memiliki keterbatasan dalam menyingkirkan *smear layer* secara keseluruhan. NaOCl tidak dapat menyingkirkan *smear layer* anorganik sehingga penggunaannya harus dikombinasikan dengan bahan *chelating* untuk menyingkirkan *smear layer* anorganik setelah preparasi saluran akar. EDTA adalah salah satu bahan *chelating* yang sering dikombinasikan dengan NaOCl.^{1,10,34}

Penelitian Grawehr *et al.* (2003) menyatakan bahwa EDTA dapat menahan kalsium ketika penggunaannya dikombinasikan dengan NaOCl, sehingga mengurangi jumlah klorin pada NaOCl dan akan menghilangkan efek NaOCl dalam melarutkan jaringan. Irigasi dalam jangka pendek dengan NaOCl setelah EDTA pada preparasi *chemomechanical* dapat menyebabkan erosi yang berlebihan pada permukaan dentin dinding saluran akar.¹

2.3.2 EDTA

EDTA (*ethylene diamine tetraacetid acid*) adalah bahan *chelating* yang paling sering digunakan. Pada tahun 1957, Nygaard-Ostby menggunakan bahan ini pertama kali pada perawatan saluran akar. Konsentrasi EDTA yang digunakan berkisar antara 15% -17%. Bahan ini memiliki kemampuan menyingkirkan *smear layer* anorganik dengan cara mendemineralisasi jaringan anorganik.^{1,3} Selain itu, EDTA juga berperan sebagai pelumas, emulsifikasi, membantu preparasi saluran akar dengan memperlebar saluran akar yang sempit dan saluran akar yang mengalami dekalsifikasi.^{9,11,34}

EDTA relatif tidak toksik dan sedikit menyebabkan iritasi. Serper dan Calt melaporkan bahwa EDTA lebih efektif pada pH netral daripada pH 9 dalam tindakan *cleaning* dan *shaping* saluran akar. Penggunaan 5 ml dari EDTA 17% sebagai irigasi final selama 3 menit efisien dapat mengangkat *smear layer* dari saluran akar. Aplikasi EDTA 17% selama 1 menit dengan teknik irigasi ultrasonik juga efektif mengangkat *smear layer* dan debris pada bagian apikal saluran akar.^{1,34}

Penggunaan EDTA juga tidak dapat dijadikan sebagai bahan irigasi tunggal dalam perawatan saluran akar karena memiliki efek antibakteri yang lemah dan tidak dapat melarutkan *smear layer* organik. Efek EDTA pada dentin tergantung pada konsentrasi dan lamanya waktu berkontak dengan dentin. Hasil penelitian Calt dan Serper (2002) menunjukkan bahwa irigasi dengan 10 ml dari EDTA 17% selama 10 menit dapat menyebabkan erosi pada peritubular dan intertubular dentin yang berlebihan.¹

2.3.3 Klorheksidin Glukonat

Klorheksidin dikembangkan pada tahun 1940 melalui penelitian- penelitian di laboratorium. Bahan ini merupakan antiseptik ampuh yang sering digunakan untuk kontrol plak pada rongga mulut pada konsentrasi 0,1- 0,2% dan konsentrasi 2% sebagai larutan irigasi saluran akar.^{1,11,34} Klorheksidin memiliki sifat antimikroba yang cukup baik dan efek antimikrobanya akan berfungsi pada pH 5,5 dan 7. Bahan irigasi ini bersifat bakteristatis pada konsentrasi rendah dan bersifat bakterisid pada konsentrasi tinggi karena dapat menyebabkan kerusakan sel, koagulasi dan presipitasi protein dan asam nukleat. Dibandingkan NaOCl 5,25%, klorheksidin 2% lebih efektif melawan bakteri *Enterococcus faecalis*⁶ dan tingkat toksisitasnya juga lebih rendah.^{1,11}

Bahan irigasi ini tidak dapat melarutkan jaringan organik dan *smear layer* serta efek antibakteri yang lemah pada bakteri gram negatif dan tidak menunjukkan pengaruhnya pada *biofilm* sehingga penggunaan klorheksidin biasanya hanya sebagai *final rinse* pada perawatan saluran akar.^{1,3,10,11,29}

2.3.4 MTAD

MTAD (*mixture of tetracycline, acid, and detergent*) adalah larutan irigasi yang mengandung doksisisiklin 3%, asam sitrat 4,25%, dan detergen (Tween 80). MTAD pertama kali diperkenalkan oleh Torabinejad *et.al* sebagai alternatif dari EDTA untuk menyingkirkan *smear layer*. MTAD merupakan kombinasi beberapa komponen untuk mendapatkan efek antibakteri dan sifat *chelating*. Asam sitrat yang

terdapat pada MTAD akan menyingkirkan *smear layer*, sehingga akan mengizinkan doksisisiklin yang memiliki sifat antibakteri untuk masuk ke tubulus dentin. MTAD tidak dapat melarutkan jaringan organik, sehingga penggunaannya lebih disarankan sebagai irigasi final setelah saluran akar diirigasi dengan sodium hipoklorit.^{1,3,34}

2.4 Buah Lerak (*Sapindus rarak* DC) sebagai Alternatif Bahan Irigasi Saluran Akar

Buah lerak (*Sapindus rarak* DC) merupakan jenis tumbuhan yang berasal dari Asia Tenggara yang dapat tumbuh dengan baik pada hampir semua jenis tanah dan keadaan iklim. Tanaman ini lebih dikenal dengan nama lerak, namun di daerah lain lerak memiliki nama yang berbeda-beda. Masyarakat Sunda menyebutnya dengan nama Rerek, Werak/Lerak (Jawa), Kalikea (Jambi), Kanikia (Minang), Lamuran (Sumatera Selatan) dan buah sabun (Tapanuli Selatan).^{13,15}

Menurut taksonominya, *Sapindus rarak* DC diklasifikasikan dalam :^{13,15}

- Divisi : *Spermatophyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Kelas : *Dicotyledonae*
- Ordo : *Sapindales*
- Suku : *Sapindaceae*
- Marga : *Sapindus*
- Spesies : *Sapindus rarak*

Sapindus rarak DC merupakan tanaman rimba yang memiliki tinggi rata-rata 10 m, walaupun bisa mencapai tinggi 42 m dengan diameter batangnya 1 m. Tanaman ini tumbuh liar di Jawa pada ketinggian antara 450 sampai 1500 m di atas permukaan laut. Tanaman ini mempunyai batang berwarna putih kotor dan berakar tunggang. Daun tanaman ini majemuk menyirip ganjil dan anak daun berbentuk lanset. Bunga lerak berbentuk tandan, melekat di pangkal, warna kuning keputihan, dan daun mahkotanya empat. Tanaman ini mempunyai buah yang keras, bulat dengan diameter ± 2 cm dan berwarna kuning kecoklatan. Permukaan buah licin atau mengkilat, bijinya bulat, keras dan berwarna hitam. Daging buah sedikit berlendir dan aromanya

wangi. Buah lerak terdiri dari 73% daging buah dan 27% biji.^{13,15} Buah lerak sering digunakan sebagai pencuci kain batik di Jawa, biasa juga digunakan untuk mencuci emas, sebagai pembersih muka guna menghilangkan jerawat dan sebagai obat penyakit kulit terutama penyakit kudis.¹³ Khasiat farmakologik buah lerak antara lain sebagai antijamur, bakterisid, antiinflamasi dan peluruh dahak.¹⁴



Gambar 6. Buah lerak berasal dari Desa Mbaturetno, Kec. Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah

Tumbuhan lerak memiliki potensi sebagai bahan irigasi dikarenakan adanya kandungan sifat fitokimia yang memenuhi syarat sebagai bahan irigasi. Hasil penelitian memaparkan bahwa kulit buah, biji, kulit batang dan daun lerak mengandung saponin dan flavanoid, sedangkan kulit buahnya juga mengandung alkaloid dan polifenol. Kulit batang dan daun tanaman lerak mengandung tanin. Dengan demikian, ekstrak buah lerak mengandung saponin, flavanoid, alkaloid dan polifenol.^{15,16} Senyawa saponin dapat bekerja sebagai antimikroba yang diduga akan menyerang lapisan batas sel bakteri melalui ikatan gugus polar dan non polar sehingga menyebabkan terjadinya lisis pada dinding sel bakteri. Saponin juga bersifat sebagai surfaktan (menurunkan tegangan permukaan) dan deterjen yang dapat melarutkan kotoran.¹⁶ Flavanoid diduga dapat merusak membran sel karena sifatnya yang lipofilik dan kemampuannya membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler. Senyawa polifenol menghambat enzim penting mikroorganisme,

sedangkan alkaloid sudah digunakan berabad-abad dalam bidang medis karena dapat melawan sel asing melalui ikatan dengan DNA sel sehingga mengganggu fungsi sel.¹⁶

Penelitian penggunaan buah lerak di bidang kedokteran gigi sebagai alternatif bahan irigasi saluran akar juga telah dilakukan. Buah lerak telah terbukti memiliki efek antibakteri dan antifungal. Ekstrak lerak 0,01% memiliki efek antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*¹⁹ dan efek antifungal terhadap *Candida albicans*.²⁰ Bahan ini juga memiliki efek antibakteri terhadap *Porphyromonas gingivalis*²¹ dan *Enterococcus faecalis*²² dengan nilai KBM (Kadar Bunuh Minimum) 25% serta terhadap bakteri *Fusobacterium nucleatum* dengan nilai KHM (Kadar Hambat Minimum) 0,25%.²³ Penelitian juga membuktikan bahwa ekstrak etanol lerak memiliki efek analgetik pada konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%²⁴ dan efek antiinflamasi pada konsentrasi 0,01%.²⁵

Ekstrak etanol lerak pada konsentrasi 6,25%, 12,5% dan 25% memiliki kemampuan melarutkan jaringan pulpa yang lebih baik dibandingkan dengan NaOCl 2,5%.²⁵ Tegangan permukaan ekstrak etanol lerak 25% juga lebih rendah dari klorheksidin 2%²⁶ dan konsentrasi 5-25% memiliki tegangan permukaannya lebih rendah dibandingkan dengan NaOCl 2,5%.²⁷ Selain itu, penelitian lainnya menyatakan bahwa ekstrak etanol lerak 0,01% dapat mencegah kebocoran mikro di apikal saluran akar.¹⁶ Ekstrak buah lerak (*Sapindus rarak*) 0,01% sebagai *dentin conditioner* efektif juga mampu membersihkan *smear layer* dan sama efektifnya dengan asam poliakrilat 10%.¹⁸ Uji toksisitas terhadap buah lerak juga telah dilakukan dan hasilnya diperoleh nilai LC50 ekstrak etanol lerak berada pada konsentrasi 1,25%.²⁸

2.5 Teknik Irigasi Saluran Akar

Penggunaan bahan irigasi saluran akar sudah menjadi konsensus umum yang sangat diperlukan untuk melarutkan jaringan organik maupun anorganik dan menyingkirkan mikroorganisme dari saluran akar.³⁴ Selain penggunaan bahan irigasi yang tepat, bahan irigasi harus berkontak dengan seluruh dinding saluran akar untuk

pembersihan yang efektif.³² Distribusi bahan irigasi ke dalam saluran akar juga dipengaruhi oleh teknik irigasi saluran akar yang digunakan.^{34,35}

Berbagai macam teknik irigasi saluran akar terus dikembangkan untuk pendistribusian bahan irigasi mencapai ke semua daerah saluran akar. Teknik irigasi dengan agitasi dapat diklasifikasikan dalam dua kategori besar yaitu: teknik irigasi manual dan dengan bantuan mesin. Bagaimanapun juga, tidak ada bukti pasti yang menunjukkan bahwa adanya penggunaan alat- alat ini secara klinis dengan hasil perawatan yang lebih baik.^{34,36}

2.5.1 Teknik Irigasi Manual

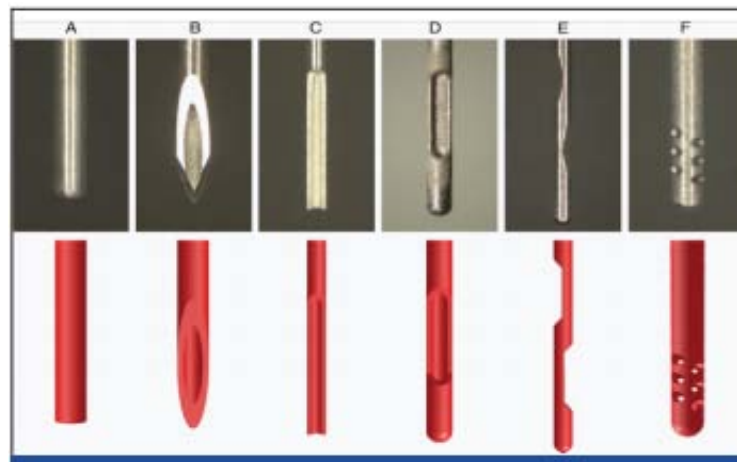
Teknik irigasi dengan agitasi manual adalah teknik pemberian bahan irigasi ke saluran akar menggunakan tangan tanpa bantuan mesin. Teknik irigasi manual dapat dilakukan dengan spuit dan jarum, agitasi dengan *brushes* dan agitasi dinamik manual.³⁶

2.5.1.1 Teknik Irigasi dengan Spuit dan Jarum

Irigasi secara konvensional dengan spuit telah direkomendasikan sebagai metode pemberian bahan irigasi yang efisien sebelum adanya teknik aktivasi ultrasonik pasif. Teknik ini masih digunakan secara luas oleh dokter gigi umum dan spesialis endodonti. Pengaplikasian teknik ini dalam mendistribusikan bahan irigasi ke dalam saluran akar adalah melalui jarum dengan ukuran yang bervariasi baik secara pasif atau dengan agitasi.³⁷

Teknik ini dilakukan dengan menggerakkan jarum dengan gerakan naik-turun.^{34,35} Spuit dengan volume yang besar akan menghemat waktu, namun tekanannya lebih sulit dikontrol dan menyebabkan bahan irigasi ekstrusi ke apikal. Penggunaan spuit dengan volume 1-5 ml lebih dianjurkan dengan tujuan keamanan sewaktu irigasi dilakukan.³⁷ Pengaplikasian teknik irigasi ini dengan cara jarum irigasi dibengkokkan dan posisi jarum hendaknya longgar di dalam saluran akar dengan tujuan agar terjadi refluks dari bahan irigasi dan debris akan terbawa ke koronal saluran akar.³⁷

Beberapa jenis jarum terbaru memiliki desain ujung yang terbuka dan beberapa lainnya memiliki desain *closed-ended*, *side vented channel* (Gambar 7). Setiap desain jarum memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing. Jarum ujung terbuka dapat menghasilkan tekanan *shear* dinding yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kemampuan membersihkan debris dentin pada dinding saluran akar. Jarum ujung terbuka juga dapat memasukkan bahan irigasi dalam saluran akar lebih efisien jika dibandingkan dengan ujung tertutup. Akan tetapi, jarum ujung terbuka dapat meningkatkan tekanan pada apikal sehingga menyebabkan ekstrusi debris dan bahan irigasi ke jaringan periapikal sedangkan jarum tertutup dapat menghindari ekstrusi bahan irigasi ke jaringan periapikal karena lubang jarum berada di lateral sehingga tekanan larutan tidak menuju ke arah apikal, tetapi ke arah dinding saluran akar.³⁷



Gambar 7. A-C (*Open ended needles*): A (*Flat needle*), B (*Beveled needles*), C (*Notched needles*), D-F (*Closed- ended needles*): D (*Side vented*), E (*Double side vented*) dan F (*Multivented needles*)³⁷

Efisiensi pembersihan saluran akar menggunakan teknik ini dapat dipengaruhi oleh jarak ujung jarum terhadap ujung apeks, volume cairan irigasi dan ukuran jarum irigasi. Jarak ujung jarum yang semakin dekat terhadap ujung apeks memungkinkan bahan irigasi dapat penetrasi lebih baik ke apikal. Namun, penetrasi jarum dalam saluran akar yang lebih dalam meningkatkan kemungkinan ekstrusi bahan irigasi.

Ukuran jarum yang semakin kecil akan memungkinkan penetrasi jarum lebih dalam mencapai apeks sehingga debridemen saluran akar lebih efektif.^{35,36}

2.5.1.2 Teknik Irigasi Manual dengan *Brushes*

Teknik ini digunakan sebagai pelengkap debridemen. Penggunaan alat ini secara tidak langsung mempengaruhi perpindahan cairan irigasi saluran akar. Suatu studi melaporkan adanya peningkatan kebersihan pada sepertiga koronal saluran akar yang diirigasi menggunakan jarum *Navitip FX* dengan *brushes* (Gambar 8) dibandingkan tanpa *brushes*. Namun, perbedaan tingkat kebersihan pada sepertiga tengah dan sepertiga apikal saluran akar tidak ada perbedaan secara signifikan.³⁵



Gambar 8. *Navitip FX* dengan menggunakan *brushes*³⁵

2.5.1.3 Teknik Irigasi Dinamik Manual

Bahan irigasi harus kontak secara langsung dengan saluran akar untuk mendapatkan tindakan pembersihan yang efektif. Namun, bahan irigasi sulit untuk mencapai bagian apikal saluran akar karena efek *vapour lock*. Teknik ini menggunakan bahan obturasi saluran akar seperti gutta-percha dimasukkan ke dalam saluran akar sepanjang kerja setelah bahan irigasi diberikan pada saluran akar. Bahan irigasi diagitasi dengan menggeserkan gutta-percha dengan gerakan naik-turun. Aliran hidrodinamik akan terbentuk dengan gerakan naik-turun yang berulang sehingga terjadi pergerakan bahan irigasi pada daerah apikal sehingga gas yang terkurung turut teragitasi.^{35,36}

2.5.2 Teknik Irigasi dengan Bantuan Mesin

Teknik irigasi dengan bantuan mesin merupakan teknik penghantaran bahan irigasi ke dalam saluran akar dengan bantuan mesin. Teknik ini pada umumnya terbagi atas sonik, ultrasonik dan irigasi dengan *negative pressure* (tekanan negatif).³⁶

2.5.2.1 Teknik Irigasi Sonik

Teknik irigasi sonik merupakan metode yang efektif dalam mendisinfeksi saluran akar dengan bekerja pada frekuensi 1-6 kHz dan menghasilkan *shear stress* yang lebih rendah dibandingkan irigasi ultrasonik. *Endoactivator system* adalah salah satu alat irigasi sonik. *Endoactivator system* (Gambar 9) efektif membersihkan debris dari saluran akar lateral, menyingkirkan *smear layer* dan kumpulan *biofilm* di sekitar saluran akar yang melengkung pada gigi molar. Namun, kekurangan *endoactivator* adalah tipnya terlihat secara radiolusen pada ronsen foto sehingga sulit diidentifikasi jika tersisa dalam saluran akar.^{36,38}



Gambar 9. Irigasi Sonik dengan *endoactivator*³⁸

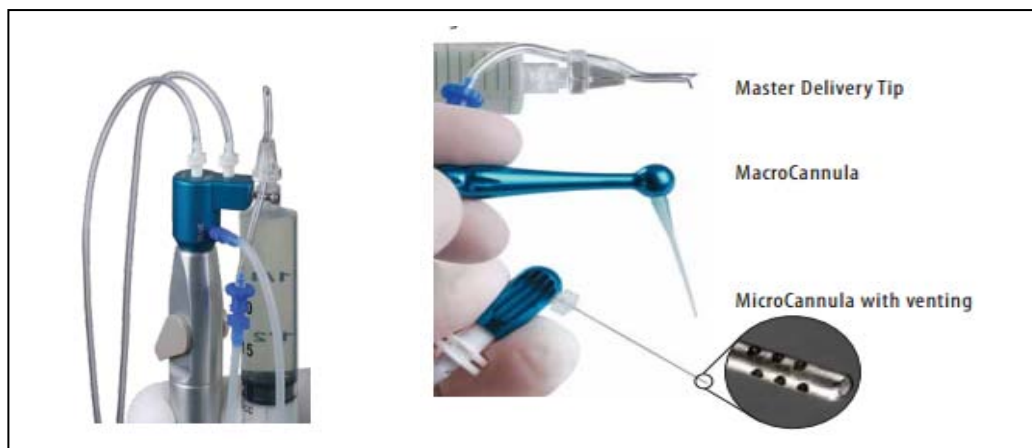
2.5.2.2 Teknik Irigasi Ultrasonik

Irigasi dengan ultrasonik menghasilkan frekuensi tinggi namun dengan amplitudo rendah dibandingkan dengan irigasi sonik. *File* tersebut didesain untuk osilasi dengan frekuensi ultrasonik antara 25- 30 kHz. Pergerakan *file* ultrasonik yang stabil mendukung pembersihan saluran akar. *File* ultrasonik ini harus bergerak bebas tanpa berkontak dengan dinding saluran akar untuk bekerja secara efektif.³⁴⁻³⁶

Irigasi ultrasonik pasif dapat menyingkirkan *smear layer* dan penggunaan teknik ini setelah instrumentasi dengan tangan ataupun *rotary* dapat mengurangi jumlah bakteri secara signifikan. Teknik ultrasonik terbukti efektif membersihkan debris dan bakteri dari saluran akar, tetapi tidak dapat melewati *vapor lock* pada apikal.^{37,38}

2.5.2.3 Teknik Irigasi dengan *Negative Pressure* (Tekanan Negatif)

Pendekatan lain untuk memudahkan akses bahan irigasi adalah menggunakan teknik irigasi dengan tekanan negatif. *EndoVac* adalah salah satu alat yang menggunakan teknik irigasi bertekanan negatif. Sistem ini menggunakan prinsip tekanan negatif melalui sistem evakuasi bertekanan tinggi yang memungkinkan lewatnya bahan irigasi dengan volume yang besar. Penggunaan *EndoVac* (Gambar 10) menggunakan tekanan negatif mampu membersihkan lebih banyak debris secara signifikan hingga 1 mm dari panjang kerja di banding teknik irigasi konvensional. Tekanan negatif pada apikal memungkinkan bahan irigasi sepertiga apikal dan mengatasi efek *vapour lock*. Teknik irigasi ini dapat membersihkan debris pada daerah apeks tanpa menyebabkan bahan irigasi ekstrusi ke apikal.^{34,38}



Gambar 10. *EndoVac*³⁸

2.5.2.4 Laser

Beberapa penelitian melaporkan bahwa laser dapat digunakan untuk menguapkan jaringan di saluran akar utama, mengangkat *smear layer* dan mengeliminasi sisa-sisa jaringan pada bagian apikal saluran akar. Efisiensi penggunaan laser tergantung pada banyak faktor yaitu waktu paparan, penyerapan cahaya pada jaringan dan geometri saluran akar. Namun, kesulitan utama penggunaan laser ini adalah akses *probe* yang relatif besar dari alat laser ini ke ruang saluran akar yang kecil.²⁹

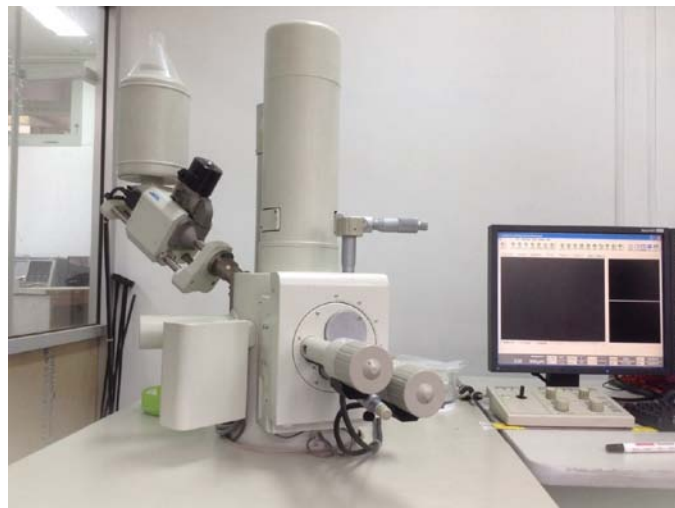
2.6 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Eick *et al.* (1970) untuk pertama kalinya melaporkan bahwa SEM menjadi suatu alat yang dapat diandalkan untuk mengidentifikasi *smear layer* dalam saluran akar gigi. *Smear layer* yang terdiri dari partikel yang berukuran yang sangat kecil antara 0,5- 15 μm hanya dapat dideteksi secara jelas dengan SEM karena alat tersebut dapat menghasilkan gambaran permukaan sampel dengan resolusi yang sangat tinggi dan bahkan dapat mengungkapkan secara detail berukuran kurang dari 1 nm.^{8,39}

SEM merupakan jenis mikroskop elektron yang menggambarkan sampel dengan memindainya menggunakan pancaran elektron berenergi tinggi yang membentuk pola pindaian. Elektron akan berinteraksi dengan atom pada sampel dan menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi dan sifat lainnya seperti konduktivitas listrik. Jenis sinyal yang dihasilkan oleh SEM mencakup elektron sekunder (*secondary electrons*), elektron yang memencar (*back-scattered electrons*), sinar X, cahaya (*cathodoluminescence*), elektron pada spesimen dan elektron yang ditransmisikan. Sinyal dihasilkan dari interaksi benturan elektron dengan atom pada atau didekat permukaan sampel. Gambaran sampel diambil secara digital dan akan ditampilkan pada layar monitor dan disimpan di dalam komputer.³⁹

Pembesaran pada SEM dapat dikendalikan mulai dari 10 sampai 500.000 kali. SEM memiliki kondenser dan lensa objektif yang berfungsi memfokuskan sinar kepada suatu tempat dan bukan menggambar keseluruhan specimen. Spesimen yang akan digambar oleh SEM harus dapat mengalirkan listrik (*electrically conductive*). Spesimen yang terbuat dari metal hanya memerlukan sedikit tindakan preparasi untuk digambar oleh SEM. Tetapi bagi spesimen yang tidak dapat mengantarkan listrik harus dilapisi (*coating*) dengan suatu zat yang bersifat sebagai konduktor. Pelapis yang biasa digunakan adalah emas, aloi emas/paladium, platinum, osmium, iridium, tungsten, chromium dan *graphite*.³⁹

Sinar elektron dihasilkan pada bagian atas mikroskop oleh elektron gun. Elektron akan mengikuti jalur vertikal melalui mikroskop yang tetap dalam keadaan vakum. Sinar melewati area elektromagnetik dan lensa yang memfokuskan sinar turun ke arah sampel. Ketika sinar mengenai sampel, elektron dan sinar x akan dikeluarkan dari sampel. Detektor akan mengumpulkan sinar x, *backscattered* elektron, dan elektron sekunder. Detektor akan merubahnya menjadi sinyal yang menghasilkan gambaran dan selanjutnya ditampilkan pada layar monitor.³⁹



Gambar 11. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

2.7 Kerangka Teori

