

Pengembangan Lerak (*Sapindus Rarak DC*) sebagai Bahan Irigasi Saluran Akar Berdasarkan Teknologi Nano

Edi Satria¹, Nevi Yanti^{2*}

¹Residen Program Spesialis Kedokteran Gigi Konservatif, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

^{2*}Departemen Kedokteran Gigi Konservatif, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: ¹drgedisatria222@gmail.com, ^{2*}nevi.yanti@usu.ac.id

Abstract

*Biocompatibility is a major problem in today's world, so the World Health Organization (WHO) recommends returning to nature. In dentistry, one of the natural ingredients that can be used as an alternative irrigation material is soapberry fruit extract (*Sapindus rarak DC*). Research has shown that soapberry extract can remove the smear layer from the root canal, has antimicrobial effects, and has low surface tension. Root canals irrigated with soapberry extract solution have lower dentin surface porosity and higher tooth strength compared to a combination solution of NaOCl + EDTA. Previous studies have shown that soapberry irrigation materials in the form of micro-particles cannot completely clean the smear layer in the apical third. Purpose: The purpose of this literature review is to review the use of soapberry (*Sapindus rarak DC*) using nanotechnology as a nanotechnology-based irrigation material for root canal treatment. This study is a literature review using a search method for articles that have passed the publication process of publications published in 2015-2024 which can be accessed in full text in pdf and scholarly formats. Conclusion: To achieve a clean smear layer in the apical third, it is necessary to develop a soapberry irrigation material in the form of nanoparticles. The material in the form of nanoparticles has the advantage of strengthening the antimicrobial and anti-inflammatory effects of *Sapindus rarak DC*, as well as allowing effective delivery of active substances into the root canal of the tooth.*

Keywords: Root Canal Irrigation, *Sapindus Rarak*, Nanoteknologi, Endodontic.

Abstrak

Biokompatibilitas adalah masalah utama di dunia saat ini, sehingga Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan untuk kembali ke alam. Di bidang kedokteran gigi, salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai bahan irigasi alternatif adalah ekstrak buah lerak (*Sapindus rarak DC*). Penelitian membuktikan bahwa ekstrak lerak dapat menghilangkan lapisan smear dari saluran akar, memiliki efek antimikroba, dan memiliki tegangan permukaan yang rendah. Saluran akar yang diirigasi dengan larutan ekstrak lerak memiliki porositas permukaan dentin yang lebih rendah dan kekuatan gigi yang lebih tinggi dibandingkan dengan larutan kombinasi NaOCl+EDTA. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa bahan irigasi lerak dalam bentuk mikro-partikel tidak dapat sepenuhnya membersihkan lapisan smear pada sepertiga apikal. Tujuan: Tujuan dari tinjauan pustaka ini adalah untuk meninjau pemanfaatan Lerak (*Sapindus rarak DC*) menggunakan nanoteknologi sebagai bahan irigasi berbasis nanoteknologi untuk perawatan saluran akar gigi. Penelitian ini adalah literatur review menggunakan metode penelusuran artikel yang telah lulus proses publikasi terbitan 2015-2024 yang dapat diakses fulltext dalam format pdf dan scholarly. Kesimpulan: Untuk mencapai lapisan smear yang bersih di sepertiga apikal, perlu dikembangkan bahan irigasi lerak dalam bentuk nanopartikel. Bahan dalam bentuk nanopartikel memiliki keuntungan dalam memperkuat efek antimikroba dan anti-inflamasi dari *Sapindus rarak DC*, serta memungkinkan pengiriman zat aktif yang efektif ke dalam saluran akar gigi.

Kata Kunci: Irigasi Saluran Akar, *Sapindus Rarak*, Nanoteknologi, Endodontic.

1. PENDAHULUAN

Perawatan saluran akar bertujuan untuk membersihkan saluran akar yang terinfeksi dan mengisi saluran akar secara hermetis untuk mendapatkan segel yang baik sehingga dapat mencegah kolonisasi kembali bakteri dalam sistem saluran akar (Hutami & Muryani, 2020). Kesuksesan perawatan saluran akar didasarkan pada penegakan diagnosis yang akurat dan penentuan rencana perawatan yang tepat; penggunaan pengetahuan tentang anatomi dan morfologi gigi serta melakukan debridemen, desinfeksi dan obturasi pada seluruh sistem saluran akar (Nofika & Arafah, 2021)

Proses desinfeksi saluran akar dapat dilakukan dengan irigasi. Irigasi adalah bagian penting dari perawatan saluran akar yang sukses. Irigasi memiliki tiga tujuan utama: kimia, biologi, dan mekanik. Tujuan mekanik adalah untuk menghilangkan kotoran dan melumasi saluran akar; tujuan kimia termasuk melunakkan dan melarutkan jaringan organik dan anorganik, mencegah pembentukan lapisan smear selama instrumentasi, dan melarutkan lapisan smear setelah terbentuk; dan tujuan biologi terkait dengan efek antiseptik dan non-toksiknya seperti efikasi terhadap mikroorganisme anaerob fakultatif (planktonik dan biofilm), kemampuan untuk menginaktivasi endotoksin dan non-toksik (Topbas & Adiguzel, 2017) (Dioguardi et al., 2018).

Larutan irigasi dalam endodontik dapat diklasifikasikan sebagai larutan antimikroba, larutan chelating (kuat atau lemah), kombinasi (kombinasi larutan antibakteri dan chelating), dan larutan dengan deterjen (Kusumawardhani & Sudirman, 2018). Beberapa larutan irigasi: NaOCl, Klorheksidin, Asam etilendiamintetraasetat (EDTA), asam sitrat, hidroksietilidena bisfosfonat (HEPB) (Rahmayanti & Muryani, 2022) dan agen alami (Wicaksono, Suling, & Mumu, 2025).

NaOCl memiliki banyak sifat ideal, survei menunjukkan bahwa natrium hipoklorit adalah larutan irigasi yang paling umum digunakan dalam endodontik (Deviyanti, Hayati, & Abraham, 2025). NaOCl Ini adalah agen antimikroba dan proteolitik yang efektif, pelarut jaringan organik yang sangat baik, dan pelumas dengan efek yang cukup cepat, namun memiliki beberapa keterbatasan atau kelemahan seperti bersifat toksik, tidak substansif, tidak efektif dalam menghilangkan lapisan smear dan korosif, menyebabkan perubahan warna dan memiliki bau yang tidak sedap (Popović et al., 2015).

Sebuah studi menunjukkan larutan irigasi saluran akar yang terdiri dari 5,25% NaOCl dan 0,2% CHX digunakan. Larutan ini dapat menyebabkan kerusakan pada instrumen endodontik yang terbuat dari nikel-titanium dan stainless steel (Popović et al., 2015). Di sisi lain, studi lainnya berfokus pada evaluasi efek konsentrasi, durasi paparan, dan suhu natrium hipoklorit (NaOCl) yang telah ditambahkan dengan surfaktan terhadap kemampuannya untuk menembus tubulus dentin, penambahan surfaktan dapat mempengaruhi sejauh mana irigasi dapat menembus ke dalam tubulus dentin. penelitian lainnya menyatakan bahwa penggunaan kombinasi 2.5% NaOCl dan 17% EDTA diidentifikasi sebagai penyebab korosi dan kerusakan pada permukaan instrumen rotari (Oktavia, 2016)

Kemampuan penetrasi irigasi dan aksi pembersihan yang diperoleh dari irigasi tidak hanya bergantung pada anatomi sistem saluran akar tetapi juga pada sistem pengantaran, kedalaman dan volume serta sifat cairan irigasi. Agar bahan irigasi saluran akar dapat membersihkan seluruh sistem saluran akar, mereka harus mampu menembus ke dalam tubulus dentin hingga kedalaman yang cukup untuk menghilangkan mikroba (Topbas & Adiguzel, 2017).

Penelitian menunjukkan bahwa lerak mengandung senyawa aktif bermanfaat, diantaranya adalah alkaloid, antraknon, fenol, flavonoid, steroid, triterpen, tanin, serta minyak atsiri. Tanaman lerak memiliki berbagai kandungan zat kimia dalam bidang farmasi, lerak dimanfaatkan sebagai antimigrain, antifertilitas, antimikroba (D. C. A. Putri, Putri, & Listyawati, 2023)

Buah lerak (*Sapindus rarak* DC) merupakan salah satu bahan alam yang dapat dikembangkan sebagai bahan irigasi saluran akar. Khasiat farmakologis buah lerak antara lain sebagai anti jamur, bakterisida dan anti inflamasi (N. D. Yanti & Prasetya, 2017). Komponen utama buah lerak adalah saponin yang merupakan senyawa aktif permukaan sebagai surfaktan (penurun tegangan permukaan) dan deterjen yang diharapkan dapat menghilangkan smear layer pada sistem saluran akar (Firdaus, Dewi, Fuady, & Laillyza, 2022; N. D. Yanti & Prasetya, 2017).

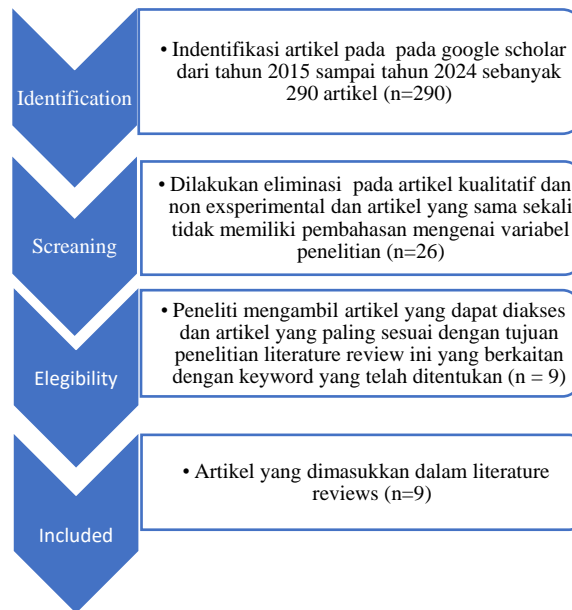
Biokompatibilitas adalah masalah utama di dunia saat ini, sehingga Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menganjurkan Kembali ke alam. Di bidang kedokteran gigi, salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai bahan irigasi alternatif adalah ekstrak buah lerak (*Sapindus rarak* DC). Tujuan dari tinjauan literatur ini adalah untuk meninjau penggunaan tanaman Lerak (*Sapindus rarak* DC) menggunakan nanoteknologi sebagai bahan irigasi berbasis nanoteknologi untuk perawatan saluran akar gigi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah literature review atau tinjauan pustaka. Studi literature review adalah cara yang digunakan untuk megumpulkan data atau sumber yang berhubungan pada sebuah topik tertentu yang bisa didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, internet dan pustaka lain. Penelitian ini hanya menggunakan sumber literature dari jurnal artikel. Pencarian literature dilakukan selama satu bulan. Strategi pencarian literatur penelitian ini menggunakan metode penelusuran artikel yang telah lulus proses publikasi pada Google Scholar menggunakan kata kunci yang dipilih yakni: jurnal bahasa Indonesia menggunakan irigasi saluran akar; *sapindus rarak*; nanoteknologi, endodontik dan jurnal bahasa Inggris menggunakan “root canal irrigation; *sapindus rarak*; nanotechnology, endodontics”. Artikel atau jurnal yang sesuai diambil untuk selanjutnya. Literature review ini menggunakan literatur terbitan 2015-2024 yang dapat diakses fulltext dalam format pdf dan scholarl.

Tahap pemilihan artikel penelitian didasarkan pada kriteria inklusi dan kriteria eksklusi. Kriteria inklusi yang digunakan adalah: 1) artikel yang relevan dengan analisis terkait kandungan farmakologis buah lerak; 2) artikel teks lengkap dan tersedia dalam Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia; 3) artikel yang diterbitkan dalam jangka waktu lima tahun terakhir tahun 2015-2024. Sementara itu, kriteria eksklusi yang digunakan adalah: 1) artikel yang diterbitkan sebelum tahun 2015; 2) bukan publikasi dalam jenis artikel; 3) artikel yang merupakan jenis artikel review.

Proses pemilihan artikel pada literature review ini menggunakan model PRISMA. Hasil pencarian dari enam database didapatkan sebanyak 290 artikel. Setelah dilakukan screening dengan mengeliminasi artikel kualitatif dan non *exsperimental*, artikel yang memiliki duplikasi, dan artikel yang sama sekali tidak memiliki pembahasan mengenai variabel pada penelitian ini, didapatkan 26 artikel. Selanjutnya, proses *eligibility*, peneliti mengambil artikel yang dapat diakses dan artikel yang paling sesuai dengan tujuan penelitian literature review ini yang berkaitan dengan keyword yang telah ditentukan, sehingga ditemukan 9 artikel yang diulas dalam artikel literature review ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan pemilihan artikel berdasarkan model PRISMA (Sulistiyawan, 2024)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pencarian artikel mendapatkan sejumlah 9 artikel yang telah memenuhi kriteria inklusi dan topik studi yaitu pengembangan ekstrak buah lerak dalam bidang kesehatan, farmasi dan kedokteran gigi.

No	Penulis	Judul	Metode	Hasil
1	Chairunnisa and Chailes (2015)	Pengaruh waktu perendaman basis gigitiran resin akrilik polimerisasi panas dalam ekstrak buah lerak 0, 01% terhadap kekuatan impak: effects of soaking time heat-cured acrylic denture base resin in 0, 01% lerak extract towards the impact STRENGTH	Eksperimental laboratoris dengan bahan resin akrilik. Sampel dibagi menjadi 10 kelompok. Resin akrilik kelompok A,B,C,D,E direndam dalam akuades dan kelompok F,G,H,I,J direndam dalam ekstrak lerak 0,01% selama 2,3,4,5 dan 7 hari. Setelah itu, kekuatan impak dari sampel diuji	Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan signifikan kekuatan impak resin akrilik yang direndam dalam akuades dan ekstrak lerak 0,01% selama 2,3,4,5 dan 7
2	N. Yanti, Batubara, Nurliza, and Hasim (2024)	The Antibacterial Effect of Lerak Fruit Decoction (Sapindus rarak DC) on the Growth of Streptococcus mutans as an Alternative Cavity Cleanser Material (In Vitro)	Eksperimen laboratorium. Dimulai dengan merebus 100 gram buah lerak dengan aquadest 100ml hingga mendidih, kemudian mencari nilai KHM dan KBM bahan dengan Metode Dilusi dan Drop Miles Misra	Hasil uji ANOVA dan LSD menunjukkan rebusan buah lerak mempunyai efek antibakteri dengan nilai KHM sebesar 12,5% dan nilai KBM sebesar 25%
3	N. D. Yanti and Prasetya (2017)	The Ability of Root Canal Irrigant With Ethanol Extract of Lerak Fruit (Sapindus Rarak Dc) in Removing Root Canal Smear Layer (A	Experimental. Sampel 50 gigi premolar mandibula manusia yang telah dicabut dilakukan crown separation di CEJ	Terdapat perbedaan kemampuan berbagai bahan irigasi dalam menghilangkan smear layer pada sepertiga apikal saluran akar

		Sem Study)		(p<0,05). Dapat disimpulkan bahwa ekstrak etanol buah lerak 25% memiliki kemampuan menghilangkan smear layer pada sepertiga apikal saluran akar dan lebih efektif dibandingkan NaOCl 2,5% dengan EDTA 17% dan NaOCl 2,5% dengan asam maleat 7%
4	Fitria et al. (2024)	Comparison of Saponin Levels of Lerak Extract (Sapindus rarak) Maceration and Socletation Results Based on UV-Vis Spectrophotometry Analysis	Experimental murni. Kadar saponin diuji menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan Diosgenin standar	Rendemen metode ekstraksi maserasi dan sokletasi berturut-turut adalah 70,59±0,505% dan 84,71±1,956%. Hasil kadar saponin yang diperoleh dari ekstrak lerak hasil maserasi dan sokletasi masing-masing sebesar 1,395±0,005µgde/ml dan 1,904±0,015µgde/ml. Hasil uji statistik menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti lebih kecil dari 0,05 dengan taraf kepercayaan 95%
5	Artha, Hendrayana, Dewa, and Sukrama (2022)	Uji daya hambat ekstrak etanol buah Lerak (Sapindus rarak) terhadap bakteri Staphylococcus epidermidis	True experimental posttest only. Kelompok perlakuan (P) adalah konsentrasi ekstrak etanol buah lerak sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%, sedangkan kelompok kontrol yang terdiri dari kontrol positif (K+) vankomisin 30µg serta kontrol negatif (K-) aquades. Uji daya hambat dilakukan dengan metode disk diffusion menggunakan media MHA dengan 4 kali pengulangan.	Ekstrak buah lerak pada konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% memiliki daya hambat terhadap Staphylococcus epidermidis dengan luas yaitu 16 mm, 18,5 mm, 21,75 mm, dan 20,5 mm. Kontrol positif yang digunakan adalah vankomisin dengan luas zona 18,5 mm. Analisis Kruskal-Wallis menunjukkan hasil 0,003 yang menandakan adanya perbedaan rata-rata luas zona hambat antar konsentrasi pada ekstrak etanol buah lerak yang bermakna signifikan

6	Novitarini, Kresnapati, and Akmi (2024)	Ekstrak Buah Lerak (Sapindus rarak) sebagai Sabun Antibakteri yang Ramah Lingkungan	Posttest Only Control Group Design menguji aktivitas antibakteri dari ekstrak buah lerak terhadap flora normal ada permukaan kulit yaitu <i>Staphylococcus aureus</i> (Gram Positif) an <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Gram Negatif).	Konsentrasi Hambat Minimum didapatkan sebesar 6,25% terhadap gram positif dan 1,56% terdapat gram negatif. Konsentrasi Bunuh Minimum didapatkan sebesar 25% terhadap gram positif dan 50% terdapat gram negatif. Ekstrak konsentrasi 50% memiliki zona hambat terhadap gram positif dan gram negatif secara berurut: 21,53 dan 22,13 mm
7	N. Yanti, Nurliza, and Gani (2023)	Evaluating the Sapindusrarak DC Chemical compounds for their ability to inhibit the growth of <i>Fusobacterium nucleatum</i> in vitro	Posttest Only Control Group Design. Menggunakan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (CG - MS) digunakan untuk mengidentifikasi senyawa dari Sapindusrarak DC	Pada 48 jam, S.rarak DC sebesar 12,5% dan 6,25% memiliki respons pertumbuhan yang lebih baik terhadap <i>F. nucleatum</i> dibandingkan konsentrasi lainnya. Namun, CHX masih lebih tinggi, memberikan respons pertumbuhan terhadap <i>F. nucleatum</i> (98,42%).
8	Aryanti, Heny, and Nafiunisa (2020)	Optimization of ultrasound-assisted extraction of rarak saponin from <i>Sapindus rarak</i> DC. using response surface methodology (RSM)	Metode permukaan respon dengan rancangan central composite design (CCD) digunakan untuk memperoleh model matematika yang menggambarkan hubungan antara rendemen saponin dengan variabel yang mempengaruhi. Kondisi optimum ekstraksi saponin dalam lerak menggunakan ekstraksi berbantuan ultrasonik paling baik pada komposisi perbandingan pelarut terhadap pelarut 1:22,26180 GG-1, konsentrasi etanol (X1) 83,16278%, waktu ekstraksi (X3) 21,92890 menit dengan rendemen 47,15952%	Spektrofotometri UV-VIS menunjukkan nilai serapan senyawa saponin sebesar 4281,45 pada panjang gelombang maksimum 320. Analisis FTIR mengidentifikasi berbagai gugus fungsi pada ekstrak saponin, yaitu O-H, C-H, C=C, C-O-C,-CHO,=CH, dan gula piranosa. Ekstrak etanol lerak yang mengandung saponin menunjukkan kemampuan menurunkan tegangan permukaan larutan. Nilai CMC ditemukan pada konsentrasi ekstrak lerak sebesar 2,11%.
9	Endrowahyudi, Fathon, Darwis, and	Antibacterial Effectiveness of Lerak Fruit Ethanol Extract	Eksperimental murni dengan metode difusi agar terhadap tiga kelompok	Hasil pada penelitian ini, ekstrak buah lerak (Sapindus rarak DC)

	Widyasari (2021)	(Sapindus rarak DC) and 2% Chlorhexidine in Enterococcus faecalis	percobaan yaitu klorheksidin 2% sebagai kontrol positif, ekstrak buah lerak (Sapindus rarak DC) sebagai kelompok perlakuan, dan akuades sebagai kontrol negatif. Setiap kelompok diulang sepuluh kali pada media Muller Hinton Agar (MHA) yang diaplikasikan menggunakan kertas cakram. Kemudian diameter zona hambatan dihitung menggunakan jangka sorong.	25% memiliki rata-rata diameter zona hambatan sebesar 11,775 mm, dan rata-rata diameter zona hambatan klorheksidin 2% sebesar 19,745 mm. Perbedaan diameter zona hambatan tersebut berbeda secara signifikan pada semua kelompok
--	------------------	---	---	--

3.2 Pembahasan

Buah lerak adalah bahan irigasi alternatif karena sifat farmakologisnya termasuk antijamur, bakterisida, dan anti-inflamasi. Sapindus rarak DC adalah nama ilmiah yang merujuk pada tanaman lerak. Biji lerak berbentuk bulat, keras, dan berwarna hitam, sedangkan buahnya berdiameter sekitar 1,5 cm, keras, dan berwarna kuning kecoklatan. Di dalam buah terdapat daging yang memiliki aroma harum. Tanaman lerak mulai menghasilkan buahnya pada usia 5 hingga 15 tahun, biasanya selama awal musim hujan. Hasil biji lerak berkisar antara 1.000 hingga 1.500 biji per pohon. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan dicatat dalam beberapa jurnal, buah lerak, kulit, biji, dan daun mengandung sejumlah senyawa seperti saponin, alkaloid, angiquinone, flavonoid, polifenol, dan tanin, (Widowati, Ramdani, & Handayani, 2022) (Gambar 1. Buah lerak)



Gambar 1. Lerak (sapindus rarak)

3.2.1 Komposisi fitokimia ekstrak buah lerak

Lerak mengandung beberapa zat aktif, yaitu 28% saponin, senyawa alkaloid, polifenol, senyawa antioksidan dan kelompok flavonoid, serta tanin (Agustina & Piska, 2023; R. K. Putri, Hastuti, & Rohman, 2018; Widowati et al., 2022). Saponin termasuk dalam kelas surfaktan (senyawa aktif permukaan) yang dapat melarutkan senyawa polar dan non-polar. Kelompok hidrofilik (senyawa polar) dan hidrofobik (senyawa non-polar) dalam buah lerak memungkinkan saponin untuk melarutkan lapisan noda organik dan anorganik. Ekstrak etanol 25% dari buah lerak lebih efektif dalam menghilangkan lapisan noda di sepertiga apikal saluran akar dibandingkan dengan NaOCl 2,5% dengan 17% EDTA dan NaOCl 2,5% dengan 7% asam maleat (Fitria et al., 2024; Yuliana, Laconi, Jayanegara, Achmadi, & Samsudin, 2019). Saponin memiliki beberapa karakteristik, seperti kemampuannya untuk menghancurkan sel darah merah dan membentuk senyawa kompleks dengan sterol (Yuliana et al., 2019). Flavonoid adalah senyawa fenolik yang mengandung satu kelompok karbonil dan memiliki sifat antibakteri. Flavonoid yang ditemukan dalam buah lerak dianggap dapat merusak

membran sel karena sifat lipofiliknya dan kemampuannya untuk membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler (Murni, Rohman, Angkawijaya, & Santoso, 2023).

Lerak juga mengandung Polifenol adalah senyawa aktif yang memiliki kemampuan untuk menghancurkan mikroorganisme dengan mengubah struktur protein yang terikat oleh ikatan hidrogen antara fenol dan protein. Sebagai akibat dari perubahan struktur protein ini, permeabilitas dinding sel dan membran sitoplasma terganggu, yang mengakibatkan ketidakseimbangan makromolekul dan ion di dalam sel, yang akhirnya menyebabkan lisis sel (Fajriaty, Hariyanto, Saputra, & Silitonga, 2017). Polifenol juga bertindak sebagai agen antibakteri melalui dua mekanisme utama, yaitu mengubah struktur protein sel dan menghambat sintesis asam nukleat (O. K. Putri, Wijayanti, Susanto, & Agustanti, 2025).

Kandungan Alkaloid telah digunakan selama berabad-abad di bidang medis karena dapat membunuh sel asing dengan mengikat DNA sel, sehingga mengganggu fungsi sel. Lerak juga mengandung Tanin memiliki rasa astringent dan memiliki sifat antibakteri dan astringent. Tanin menghambat pertumbuhan bakteri dengan bereaksi dengan membran sel, menonaktifkan enzim penting dan menghancurkan fungsi material. Tanin juga akan mengikat besi dan hidrogen yang sangat diperlukan oleh bakteri untuk sintesis energi (Widowati et al., 2022).

Dalam pengembangan ekstrak lerak sebagai bahan irigasi saluran akar, diketahui bahwa ekstrak lerak 6,25%, 12,5%, dan 25% dapat mencegah adhesi bakteri dan menghambat pertumbuhan *F. nucleatum*. Penelitian menemukan bahwa ekstrak buah lerak dengan berbagai konsentrasi (6,25%, 12,5%, 25%) tidak berbeda signifikan dari larutan NaOCl 2,5% + 17% EDTA dalam mencegah adhesi bakteri dan menghambat pertumbuhan *F. Nucleatum* (Faria et al., 2019).

3.2.2 Nanoteknologi Saluran Akar

Ilmu pengetahuan saat ini sedang mengalami evolusi besar, membawa umat manusia ke era baru: era nanoteknologi. Kesempatan untuk menyaksikan awal pengembangan perintis dalam teknologi jarang ditemui. Penerapan nanoteknologi dalam kedokteran gigi dan waktu yang diperlukan untuk menerapkan hasil penelitian ke dalam praktik adalah pertanyaan pertama yang muncul mengenai nanoteknologi dalam kedokteran gigi. Nanoteknologi adalah teknik artistik yang menggunakan ukuran (skala) kurang dari 100 nm untuk meningkatkan desain, fungsi, dan penampilan suatu produk. Ini mempengaruhi karakteristik dan pengendalian material pada tingkat atom dan molekuler. Oleh karena itu, nanomaterial atau perangkat nano dapat dianggap sebagai partikel dengan ukuran maksimum 1×10^{-7} m. Tujuan dari nanoteknologi adalah untuk memungkinkan analisis struktur pada skala nano, memahami sifat fisik dari struktur pada dimensi skala nano, memproduksi struktur skala nano, mengembangkan perangkat dengan presisi nano, dan membangun hubungan antara alam semesta nanoskopis dan makroskopis dengan menciptakan metode yang memadai.

Mirip dengan nanomedisin, pengembangan nanodentistry akan memungkinkan kesehatan mulut yang hampir sempurna melalui penggunaan nanomaterial dan bioteknologi, termasuk rekayasa jaringan dan nanorobot (Harahap & Sastrodihardjo, 2014). Nanoteknologi dalam kedokteran gigi, yang sering disebut sebagai nanodentistry, adalah bidang mutakhir yang memanfaatkan kekuatan material dan teknologi skala nano untuk merevolusi perawatan kesehatan mulut (al Husyaerry & Pertiwi, 2018). Ini menjanjikan pencapaian kesehatan mulut yang hampir sempurna melalui manipulasi yang tepat dari struktur gigi, jaringan, dan bahkan penggunaan mesin kecil yang disebut nanorobot. Berikut adalah penjelasan lebih mendalam tentang aspek-aspek kunci dari nanodentistry (Malik & Waheed, 2023).

Secara keseluruhan, integrasi nanoteknologi dalam kedokteran gigi menawarkan potensi untuk perawatan gigi yang lebih efektif dan kurang invasif. Ini bertujuan untuk meningkatkan perawatan pencegahan, meningkatkan akurasi diagnosis, dan memberikan solusi inovatif untuk berbagai tantangan kesehatan mulut. Namun, penting untuk dicatat bahwa nanodentistry masih merupakan bidang yang berkembang pesat, dan aplikasi praktis mungkin memerlukan waktu untuk tersedia secara luas di klinik gigi. Peneliti dan profesional gigi terus menjelajahi kemungkinan dan menyempurnakan teknologi untuk memberikan manfaat bagi pasien di masa depan.

Penggunaan bahan nanopartikel dalam irigasi endodontik adalah perkembangan penting dalam kedokteran gigi yang telah memberikan manfaat signifikan. Beberapa jenis nanopartikel yang umum digunakan dalam konteks ini adalah Nanopartikel Logam dan Anorganik, Partikel Nano Kaca Bioaktif dan Nanopartikel Polimer (Pratiwi et al., 2023), (Deviyanti, 2018). Adanya kombinasi pH tinggi dengan bahan alkali yang memiliki aliran kontinu tampaknya lebih efisien dalam studi in vitro untuk persiapan solusi Kaca Bioaktif yang optimal dalam perawatan saluran akar (Wulansari & Mintarjo, 2023).

3.2.3 Lerak (*Sapindus rarak* DC) sebagai bahan irigasi saluran akar berdasarkan teknologi nano

Penelitian yang telah dilakukan di bidang kedokteran gigi mengenai ekstrak buah lerak (*Sapindus rarak*) sebagai bahan irigasi alternatif menunjukkan bahwa tegangan permukaan 5%-25% ekstrak buah lerak lebih rendah dibandingkan dengan 2.5% NaOCl. Ekstrak etanol buah lerak 25% lebih efektif dalam menghilangkan lapisan smear dari sepertiga saluran akar dibandingkan dengan 2.5% NaOCl dengan 17% EDTA dan 2.5% NaOCl dengan 7% asam maleat. Efek antibakteri juga telah diuji, yaitu terhadap *Streptococcus mutans* pada konsentrasi 0.01%, *Fusobacterium nucleatum* pada konsentrasi 0.25%, dan *Enterococcus faecalis* pada konsentrasi 25%. Ekstra-lerak dalam berbagai konsentrasi (6.25%, 12.5%, 25%) tidak menyebabkan porositas berlebihan pada semua waktu inkubasi dibandingkan dengan NaOCl 2.5% + EDTA 17% (Namira Sabila, 2022). Ketahanan patah dari Ekstra-lerak 12.5% dan 25% lebih baik dibandingkan NaOCl 2.5% + EDTA 17%. Lerak 6.25%, 12.5% dan 25% lebih baik dibandingkan NaOCl 2.5% + EDTA 17% untuk penghambatan hidrofobisitas *Fusobacterium nucleatum*. Ekstrak lerak 12.5% memiliki kepadatan tubulus dentin yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan kombinasi NaOCl 2.5% EDTA 17% yang merupakan standar emas bahan irigasi saluran akar (Salsabila, 2020).

Menurut tujuan persiapan saluran akar, irigasi diharapkan tidak hanya bekerja pada saluran akar utama, tetapi juga untuk membersihkan dan menghilangkan mikroba dalam sistem saluran akar gigi yang kompleks, cabang-cabang dan saluran akar tambahan. Saat ini, solusi shellac partikel mikro tersedia tetapi belum dapat secara optimal mencapai cabang-cabang di sepertiga apikal saluran akar. Penggunaan lerak dalam bentuk nanopartikel memiliki beberapa keuntungan potensial di bidang endodontik:

1. Efektivitas Pembersihan: Partikel nano lerak memiliki ukuran yang sangat kecil, yang diharapkan dapat menembus lebih dalam ke dalam tubulus dentin dan merusak biofilm bakteri serta sisa organik dengan lebih efektif.
2. Anti-mikroba: Lerak mengandung senyawa seperti saponin yang memiliki sifat antibakteri. Dalam bentuk partikel nano, diharapkan efek antibakteri lerak dapat ditingkatkan, membantu mengobati infeksi di saluran akar gigi.
3. Biokompatibilitas: Lerak, sebagai produk alami, cenderung memiliki tingkat biokompatibilitas yang baik, yang berarti mereka kurang mungkin menyebabkan reaksi negatif pada jaringan tubuh.

4. Peningkatan Permeabilitas: Partikel nano diharapkan dapat meningkatkan permeabilitas membran sel bakteri, yang dapat membantu menghancurkan mikroorganisme lebih dalam di saluran akar.
5. Toksisitas yang Dikurangi: Partikel nano dari lerak diharapkan dapat menurunkan konsentrasi lerak yang saat ini digunakan dalam perawatan saluran akar, sehingga mengurangi risiko toksisitas pada jaringan di sekitarnya." (Pratiwi et al., 2023),(Ariani & Puspitasari, 2024),(D. C. A. Putri et al., 2023).

Dari deskripsi di atas, menunjukkan bahwa ekstrak lerak memiliki aktivitas antimikroba, dapat menghilangkan lapisan smear, non-toksik dan biokompatibel yang merupakan bahan irigasi saluran akar alternatif tetapi belum ada penelitian untuk melihat kedalaman penetrasi bahan ini ke dalam tubulus dentin seperti penelitian yang telah dilakukan pada irigasi NaOCl menggunakan bahan lerak berbasis nanoteknologi. Kemampuan nanoteknologi yang tersedia saat ini diharapkan dapat membantu menyediakan shellac dalam bentuk nanopartikel. Persiapan ini diharapkan dapat mencapai tubulus dentin di sepertiga apikal saluran akar, terutama di area cabang. Penggunaan lerak dalam bentuk nanopartikel sebagai agen irigasi saluran akar gigi adalah inovasi menarik di bidang endodontik. Lerak, yang berasal dari tanaman *Sapindus rarak* De Candolle, telah lama digunakan dalam bentuk tradisionalnya untuk membersihkan dan merawat saluran akar gigi. Namun, dengan nanoteknologi, lerak dapat diubah menjadi nanopartikel dengan ukuran yang sangat kecil.

Perawatan saluran akar merupakan pilihan perawatan untuk penyakit pulpa pada saluran akar dengan menghilangkan bakteri dan produk metabolismenya dari sistem saluran akar. Tujuan perawatan saluran akar yaitu membersihkan dan mendisinfeksi sistem saluran akar sehingga mengurangi munculnya bakteri, menghilangkan jaringan nekrotik, dan membantu proses penyembuhan periapikal. Penelitian sebelumnya telah menemukan uji daya antibakteri buah lerak dalam mencegah adhesi bakteri dan menghambat pertumbuhan *F. Nucleatum*. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam memperkaya pendekatan ilmiah dan praktis dalam bidang konservasi kedokteran gigi, terutama dalam menghadapi tantangan infeksi saluran akar yang melibatkan *Enterococcus faecalis*. Dengan mengevaluasi efektivitas Carbon Quantum Dots (CQDs) dari ekstrak buah lerak (*Sapindus rarak*) dalam kombinasi dengan Photodynamic Therapy (PDT) dan agen irigasi konvensional, studi ini memperkenalkan strategi irigasi yang lebih selektif, efisien, dan ramah jaringan dibandingkan protokol yang umum digunakan saat ini.

Dari sisi inovasi, penggunaan CQDs berbasis bahan alam memberikan pendekatan yang lebih biokompatibel, berkelanjutan, dan memiliki risiko toksisitas yang lebih rendah. Hal ini sangat penting dalam konservasi kedokteran gigi, yang menuntut pendekatan minimal invasif dengan memaksimalkan pelestarian struktur gigi dan jaringan periapikal. Formulasi berbasis CQDs yang terbukti efektif dalam menekan pertumbuhan dan pembentukan biofilm *E. faecalis* menjadi titik awal yang kuat untuk dikembangkan lebih lanjut dalam bahan irigasi saluran akar generasi baru, yang tidak hanya membasmi mikroorganisme tetapi juga mendukung regenerasi jaringan dan perawatan saluran akar yang lebih bersih dan steril.

Penelitian ini juga membuka peluang besar dalam pengembangan bahan antibakteri berbasis teknologi nano untuk aplikasi lain dalam bidang konservasi, seperti bahan pelapis saluran akar, sealer antibakteri, atau aplikasi lokal dalam kasus lesi periapikal kronis. Dengan kemampuan CQDs menembus dentin dan berinteraksi langsung dengan mikroba dalam tubuli dentin, riset ini menjadi pijakan awal untuk membangun produk-produk terapi lokal yang memiliki sifat bioaktif dan penetrasi tinggi.

Metode penggunaan lerak sebagai bahan irigasi alternatif dalam tradisional pengendalian biofilm, seperti penghilangan mekanis dan agen kimia, sering kali gagal membasmi biofilm sepenuhnya, yang menyebabkan infeksi dan penyakit mulut berulang. Nanoteknologi telah muncul sebagai pendekatan yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan ini dengan menyediakan strategi baru untuk pemberian obat dan gangguan biofilm. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menilai efektivitas, keamanan, dan potensi efek samping dari penggunaan nanopartikel lerak dalam perawatan saluran akar. Selain itu, regulasi yang ketat dan persetujuan juga diperlukan sebelum penggunaannya secara klinis dapat menjadi umum dalam praktik endodontik.

4. KESIMPULAN

Untuk meningkatkan kebersihan lapisan smear di sepertiga apikal, perlu dikembangkan bahan irigasi lerak dalam bentuk nanopartikel. Bahan dalam bentuk nanopartikel memiliki keuntungan dalam memperkuat efek antimikroba dan anti-inflamasi dari Sapindus rarak DC, serta memungkinkan pengiriman zat aktif yang efektif ke dalam saluran akar gigi.

REFERENCES

- Agustina, N. A., & Piska, F. (2023). Karakteristik Fisik Sabun Organik Berbasis Minyak Jelantah dan Ekstrak Buah Pinang (*Areca cathecu L*) Dengan Biosurfaktan Buah Lerak (*Sapindus rarak DC*). *Agroprimitech*, 7(2), 61-72.
- al Husyaerry, M., & Pertiwi, A. S. P. (2018). Efektivitas partikel nano dalam pencegahan karies. *Indonesian Journal of Paediatric Dentistry*, 1(1), 111-113.
- Ariani, D., & Puspitasari, D. (2024). Use of Nanoparticles as Materials to Prevent Dental and Oral Diseases. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 3(4), 2123-2134.
- Artha, I. W. W., Hendrayana, M. A., Dewa, I., & Sukrama, I. (2022). uji daya hambat ekstrak etanol buah lerak (*Sapindus Rarak*) terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Medika Udayana*, 11(5), 14-18.
- Aryanti, N., Heny, D. R., & Nafiunisa, A. (2020). *Optimization of ultrasound-assisted extraction of rarak saponin from Sapindus rarak DC. using response surface methodology (RSM)*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Chairunnisa, R., & Chailes, S. (2015). Pengaruh Waktu Perendaman Basis Gigitiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas Dalam Ekstrak Buah Lerak 0, 01% Terhadap Kekuatan Impak: Effects Of Soaking Time Heat-Cured Acrylic Denture Base Resin In 0, 01% Lerak Extract Towards The Impact Strength. *Dentika: Dental Journal*, 18(3), 274-279.
- Deviyanti, S. (2018). Potensi Larutan Chitosan 0, 2% Sebagai Alternatif Bahan Irigasi Dalam Perawatan Saluran Akar Gigi. *Jurnal Ilmiah dan Teknologi Kedokteran Gigi (JITEKGI)*, 14(1), 6-10.
- Deviyanti, S., Hayati, N., & Abraham, S. (2025). Aktivitas Hambatan Biofilm Larutan Irigasi Ekstrak Daun *Stevia rebaudiana* Bertoni Terhadap *Candida albicans*. *SONDE (Sound of Dentistry)*, 10(1), 1-13.
- Dioguardi, M., Di Gioia, G., Illuzzi, G., Laneve, E., Cocco, A., & Troiano, G. (2018). Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *European journal of dentistry*, 12(03), 459-466.
- Endrowahyudi, H., Fathon, I., Darwis, R. S., & Widayarsi, R. (2021). Antibacterial Effectiveness of Lerak Fruit Ethanol Extract (*Sapindus rarak DC*) and 2% Chlorhexidine in *Enterococcus faecalis*. *Journal of Health and Dental Sciences*, 1(2), 188-196.

- Fajriaty, I., Hariyanto, I., Saputra, I. R., & Silitonga, M. (2017). Skrining Fitokimia dan Analisis Kromatografi Lapis Tipis Dari Ekstrak Etanol Buah Lerak (*Sapindus Rarak*). *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 6(2), 243-256.
- Faria, G., Viola, K., Coaguila-Llerena, H., Oliveira, L., Leonardo, R., Aranda-García, A., & Guerreiro-Tanomaru, J. (2019). Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *International endodontic journal*, 52(3), 385-392.
- Firdaus, I. W. A. K., Dewi, N., Fuady, R. I., & Laillyza, M. (2022). 110 ODONTO Dental Journal. Volume 9. Number 1. July 2022. *ODONTO*, 9(1).
- Fitria, U., Sulisetijono, S., Lelitawati, M., Jasman, M. W., Firdaus, Z., & Muktafi, A. (2024). *Comparison of Saponin Levels of Lerak Extract (Sapindus rarak) Maceration and Socletation Results Based on UV-Vis Spectrophotometry Analysis*. Paper presented at the BIO Web of Conferences.
- Harahap, S. A., & Sastrodihardjo, S. (2014). Teknologi Nano Di Bidang Kedokteran Gigi: Nano Technology In Dentistry. *Dentika: Dental Journal*, 18(2), 194-198.
- Hutami, O. S., & Muryani, A. (2020). Perawatan saluran akar (PSA) satu kali kunjungan pada gigi molar pertama bawah kanan dengan restorasi endocrown resin komposit One-time root canal treatment (PSA) of the right lower first molar with composite resin endocrown restoration. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 32(2), 54-63.
- Kusumawardhani, T., & Sudirman, A. (2018). Perbedaan khasiat antibakteri bahan irigasi larutan propolis dan sodium hypochlorite terhadap bakteri *Streptococcus Viridans*. *Conservative Dentistry Journal*, 8(1).
- Malik, S., & Waheed, Y. (2023). Emerging applications of nanotechnology in dentistry. *Dentistry Journal*, 11(11), 266.
- Murni, A., Rohman, A., Angkawijaya, A. E., & Santoso, S. P. (2023). Antibacterial Activity and Polyphenols Content of Methanolic Extract of *Sapindus Rarak*. *Widya Teknik*, 22(2), 77-81.
- Namira Sabila, N. Y., Basri A. Gani. (2022). Bioactivity of Lerak Fruit Extract (*Sapindus rarak* DC) as an Endodontic Irrigants to Inhibition the *Fusobacterium nucleatum* virulence and Relate to the Fracture Resistance of Root Canal. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 27 Juli 2022;7(6):1749–50.
- Nofika, R., & Arafah, A. F. (2021). Penatalaksanaan Perawatan Saluran Akar pada Gigi dengan Lesi Abfraksi: Laporan Kasus. *Andalas Dental Journal*, 9(2), 85-92.
- Novitarini, N., Kresnapati, I. N. B. A., & Akmi, A. M. (2024). Ekstrak Buah Lerak (*Sapindus rarak*) sebagai Sabun Antibakteri yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Biotek*, 12(2), 186-197.
- Oktavia, E., Trimurni Abidin, Dennis Dennis. (2016). Effect of sodium hypochlorite, EDTA, and chitosan solution on corrosion and quantity of extruded nickel ions using two rotary instruments (in vitro). *J Dent*, 10.3 (2019), 207-213.
- Popović, J., Radenković, G., Gašić, J., Mitić, A., Nikolić, M., Barac, R., & Živković, S. (2015). Ultrastructural Analysis of the Surface of Endodontic Instruments after Immersion in Irrigating Solutions. *Serbian Dental Journal/Stomatološki Glasnik Srbije*, 62(4).
- Pratiwi, A. R., Istikharoh, F., Fuadiyah, D., Hidayat, L. H., Swastirani, A., Priyanto, R., . . . Rachmawati, Y. L. (2023). *Nanoteknologi Kedokteran Gigi*: Universitas Brawijaya Press.
- Putri, D. C. A., Putri, N. P. A., & Listyawati, M. B. (2023). The Potential Development Of Lerak (*Sapindus Rarak*) As A Useful Ingredient In The Pharmaceutical Field. *Jurnal Farmasi Galenika*, 10(2), 124-133.

- Putri, O. K., Wijayanti, E. D., Susanto, N. A., & Agustanti, K. N. E. (2025). Kadar Agen Pembusa Alami dari Ekstrak Buah Lerak (*Sapindus rarak*) dengan Perbedaan Rasio Simplisia-Pelarut. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 10(2), 54-62.
- Putri, R. K., Hastuti, U. S., & Rohman, F. (2018). Daya Antibakteri Ekstrak Ethanol Buah Lerak (*Sapindus rarak* dc) dalam Beberapa Macam Konsentrasi terhadap *Propionibacterium acnes*. *Sains dan Matematika*, 6(2), 61-66.
- Rahmayanti, Z. A., & Muryani, A. (2022). Perawatan saluran akar satu kunjungan pada gigi insisivus sentral dan lateral sebagai persiapan prostetik One-visit root canal treatment of central and lateral incisors as prosthetic preparation. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 34(3), 274-280.
- Salsabila, N. (2020). *Analisis Bioaktivitas Bahan Irigasi Ekstrak Buah Lerak (Sapindus Rarak DC) Terhadap Patogenesis Fusobacterium Nucleatum (Kajian Uji Anti-Adhesi, Uji Biomassa, dan Uji Porositas Dinding Saluran Akar Gigi)(Penelitian In Vitro)*. Universitas Sumatera Utara,
- Sulistiyawan, H. (2024). Tinjauan Literatur Sistem Antrian Menggunakan Metode PRISMA. *JHIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(5), 4709-4718.
- Topbas, C., & Adiguzel, O. (2017). Endodontic irrigation solutions: A review: Endodontic irrigation solutions. *International Dental Research*, 7(3), 54-61.
- Wicaksono, D. A., Suling, P. L., & Mumu, J. Y. (2025). Efektivitas ekstrak daun mangrove *Bruguiera gymnorhiza* terhadap bakteri *Enterococcus faecalis* sebagai alternatif larutan irigasi perawatan saluran akar. *e-GiGi*, 13(1), 7-14.
- Widowati, R., Ramdani, M. F., & Handayani, S. (2022). Senyawa Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Lerak (*Sapindus rarak*) terhadap Tiga Bakteri Penyebab Infeksi Nosokomial. *Jurnal Penelitian Kesehatan" SUARA FORIKES"(Journal of Health Research" Forikes Voice")*, 13(3), 649-654.
- Wulansari, S., & Mintarjo, D. F. (2023). Efek ekstrak etanol biji alpukat (*persea americana*) terhadap biofilm *candida albicans*. *Jurnal Kedokteran Gigi Terpadu*, 5(1).
- Yanti, N., Batubara, F. Y., Nurliza, C., & Hasim, B. J. (2024). The Antibacterial Effect of Lerak Fruit Decoction (*Sapindus rarak* DC) on the Growth of *Streptococcus mutans* as an Alternative Cavity Cleanser Material (In Vitro). *Dentika: Dental Journal*, 27(1), 19-30.
- Yanti, N., Nurliza, C., & Gani, B. A. (2023). Evaluating the *Sapindusrarak* DC Chemical compounds for their ability to inhibit the growth of *Fusobacterium nucleatum* in vitro. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 16(3), 1231-1238.
- Yanti, N. D., & Prasetya, W. (2017). The ability of root canal irrigant with ethanol extract of Lerak fruit (*Sapindus Rarak* Dc) in removing root canal smear layer (a sem study). *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 16, 24-30.
- Yuliana, P., Laconi, E., Jayanegara, A., Achmadi, S., & Samsudin, A. (2019). Extracted saponin from *sapindus rarak* and *hibiscus* sp. As an additive in cassava leaf silage: effects on chemical composition, rumen fermentation and microbial population *Adv. Anim. Vet. Sci*, 7(7), 530-536.