Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Bakteri *Enterococcus faecalis*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi

FANNY AYU ELFIRA
J011 181 524

DEPARTEMEN ILMU KONSERVASI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Bakteri *Enterococcus faecalis*

SKRIPSI

Diajukan Kepada Universitas Hasanuddin
Untuk Melengkapi Salah Satu
Syarat Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran Gigi

Oleh:
FANNY AYU ELFIRA
J011 181 524

DEPARTEMEN ILMU KONSERVASI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Bakteri *Enterococcus faecalis***

Oleh : **Fanny Ayu Elfira/J011181524**

Telah Diperiksa dan Disahkan

Pada Tanggal 25 Oktober 2021

Oleh:

Pembimbing

Dr. drg. Juni Jekti Nugroho, Sp.KG(K)
NIP. 19710625 200501 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi

Universitas Hasanuddin

Prof. drg. Muhammad Ruslin, M.Kes., Ph.D., Sp.BM (K)
NIP. 19730702 200112 1 001

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tercantum dibawah ini:

Nama : Fanny Ayu Elfira

NIM : J011181524

Judul : Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Bakteri *Enterococcus Faecalis*

Menyatakan bahwa judul skripsi yang diajukan adalah judul yang baru dan tidak terdapat di Perpustakaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.

Makassar, 25 Oktober 2021

Koordinator Perpustakaan FKG UNHAS

Amiruddin, S.Sos

NIP. 19661121 199201 1 003

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fanny Ayu Elfira

NIM : J011181524

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Bakteri *Enterococcus Faecalis*" adalah benar merupakan karya sendiri dan tidak melakukan Tindakan plagiarisme dalam penyusunannya. Adapun kutipan yang ada dalam penyusunan karya ini telah saya cantumkan sumber kutipannya dalam skripsi, saya bersedia melakukan proses yang semestinya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku jika ternyata skripsi ini Sebagian atau seluruhnya merupakan plagiarisme dari orang lain. Demikian pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 25 Oktober 2021

Fanny Ayu Elfira

KATA PENGANTAR

بِسْـــــــــــــــمِ اللهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيْمِ

Alhamdulillahi rabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul "Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Bakteri *Enterococcus faecalis*". Shalawat serta salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah SAW yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Kedokteran Gigi. Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras, waktu, kegigihan, dan kesabaran dalam pengerjaan skripsi ini. Namun, disadari karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang disekeliling penulis yang senantiasa memberi dukungan, bimbingan serta semangat kepada penulis. Terima kasih yang sebesar-sebesarnya penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayah **(Alm) Drs. H. Muh. Anas Malik** dan Ibu **Hj. Hariani**, dan kedua saudara tercinta **dr. Nur Hasni Oktarina** dan **drg. Lenny Alvionita** serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, motivasi, perhatian dan kasih sayang yang tak terhingga selama penyusunan skripsi ini.
2. **Prof. drg. Muhammad Ruslin, M.Kes., Ph.D., Sp.BM(K)** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.

3. **Dr. drg. Juni Jekti Nugroho, Sp.KG(K)** selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan serta ilmu yang sangat bermanfaat untuk penulis hingga penyelesaian skripsi ini.
4. **Prof. Dr. drg. Ardo Sabir, M.Kes** yang telah meluangkan waktunya untuk menjadi dosen penguji serta memberikan kritik dan saran yang membangun bagi penulis.
5. **Seluruh Dosen, Staf Akademik, Staf Tata Usaha, Staf Perpustakaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, dan Staf Departemen Konservasi Gigi** yang telah banyak membantu penulis.
6. Teman seperjuangan skripsi, saudara **Muh. Fachrul Itsani Gasri** yang selalu bersama penulis dari awal sampai selesai skripsi ini.
7. Sahabat sejati penulis sejak SMP hingga sekarang **Pia**, sahabat seperjuangan "Future Dentist": **Dinda, Kifa, Tia, Aura, Ds, Windha, Dea dan Anin,** serta **Kak Ashar** yang telah banyak memberikan semangat kepada penulis hingga akhir penyelesaian skripsi ini.
8. Keluarga besar **CINGULUM 2018** atas segala kebersamaan dan kekompakannya selama kurang lebih 3 tahun ini.
9. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan selama penyusunan skripsi ini.

Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Allah SWT. Dan penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Untuk itu penulis dengan

kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan untuk pengembangan ilmu kedokteran gigi kedepannya.

Makassar, 25 Oktober 2021

Penulis

Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Bakteri *Enterococcus faecalis*

ABSTRAK

Latar belakang: Endodontik merupakan perawatan dalam kedokteran gigi yang bertujuan mengeliminasi bakteri dari sistem saluran akar. Salah satu bakteri penyebab kegagalan perawatan saluran akar yaitu *Enterococcus faecalis*. Preparasi kemomekanis dan irigasi saluran akar tidak cukup untuk mengeliminasi bakteri sepenuhnya maka perlu dilakukan tahapan medikasi saluran akar agar lebih efisien. Daun kelor mengandung tannin, flavonoid dan saponin yang memiliki sifat antibakteri. **Tujuan** penelitian ini untuk mengetahui apakah pasta nanopartikel daun kelor memiliki efektivitas antibakteri terhadap bakteri *Enteococcus faecalis*. **Metode** penelitian ini menggunakan eksperimental laboratorium dengan desain *posttest with control group design* dengan metode *Kirby-Bauer*. Sampel penelitian terdiri dari pasta nanopartikel daun kelor konsentrasi 1%, 2,5%, kalsium hidroksida dan aquades dengan masing-masing dilakukan 3 kali pengulangan. Diameter zona hambat ditentukan berdasarkan kemampuan hambat bakteri *Enterococcus faecalis* yang dijenuhkan pada media agar MHA. **Hasil** penelitian memperlihatkan rata-rata diameter zona hambat pasta nanopartikel daun kelor dengan konsentrasi 1% sebesar 8,48 mm, 2,5% sebesar 9,17 mm dan kalsium hidroksida sebesar 10,2 mm. **Kesimpulan:** pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) konsentrasi 1% dan 2,5% efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Enterococcus faecalis*.

Kata Kunci: pasta nanopartikel, daun kelor, antibakteri, *Enterococcus faecalis*

Antibacterial Effectiveness of Moringa Leaf (*Moringa oleifera*) Nanoparticle Paste with Different Concentrations Against *Enterococcus faecalis* Bacteria

ABSTRACT

Background: Endodontics is a treatment in dentistry that aims to eliminate bacteria from the root canal system. One of the bacteria that causes root canal treatment failure is *Enterococcus faecalis*. Chemomechanical preparation and root canal irrigation are not sufficient to eliminate bacteria completely, so root canal medication is necessary to make it more efficient. Moringa leaves contain tannins, flavonoids and saponins which have antibacterial properties. **Objectives:** the purpose of this study was to determine whether Moringa leaf nanoparticle paste had antibacterial effectiveness against the bacterium *Enterococcus faecalis*. **Methods: t**his research method uses experimental laboratory with posttest design with control group design with Kirby-Bauer method. The research sample consisted of moringa leaf nanoparticles with a concentration of 1%, 2.5%, calcium hydroxide and aquades with each of them being repeated 3 times. The diameter of the inhibition zone was determined based on the inhibitory ability of *Enterococcus faecalis* bacteria saturated on MHA agar media. **Result:** the results showed that the average diameter of the inhibition zone of Moringa leaf nanoparticle paste with a concentration of 1% was 8.48 mm, 2.5% was 9.17 mm and calcium hydroxide was 10.2 mm. Conclusion: Moringa leaf (Moringa oleifera) nanoparticle paste with concentrations of 1% and 2.5% effectively inhibited the growth of *Enterococcus faecalis* bacteria.

Conclusion: Moringa leaf nanoparticle paste (*Moringa oleifera*) with concentrations of 1% and 2.5% effectively inhibited the growth of *Enterococcus faecalis* bacteria.

Keywords: nanoparticle paste, Moringa leaf, antibacterial, *Enterococcus faecalis*

DAFTAR ISI

SAMPUL i
HALAMAN JUDUL ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
SURAT PERNYATAAN iv
PERNYATAAN v
KATA PENGANTAR vi
ABSTRAK ix
ABSTRACT x
DAFTAR ISI xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.3.1 Tujuan Umum 3
1.3.2 Tujuan Khusus 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.4.1 Manfaat Umum 3
1.4.2 Manfaat Khusus 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Bakteri di Saluran Akar Gigi 5
2.1.1 *Enterococcus faecalis* 5
2.2 Medikamen Saluran Akar 6
2.2.1 Kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) 7
2.3 Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*) 8
2.3.1 Morfologi Tanaman Kelor 9
2.3.2 Taksonomi Kelor 10
2.4 Nanopartikel 10
2.5 Uji Antibakteri 11

2.5.1 Metode Difusi Sumuran 12
2.5.2 Metode Difusi Cakram 12
2.6 Kerangka Teori 14
2.7 Kerangka Konsep 15
2.8 Hipotesis 16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 17
3.1 Jenis Penelitian 17
3.2 Desain Penelitian 17
3.3 Lokasi Penelitian 17
3.4 Waktu Penelitian 17
3.5 Subjek Penelitian 17
3.6 Variabel Penelitian 17
3.6.1 Variabel Bebas 17
3.6.2 Variabel Terikat 17
3.6.3 Variabel Antara 18
3.6.4 Variabel Kendali 18
3.7 Definisi Operasional 18
3.8 Alat dan Bahan 19
3.8.1 Alat 19
3.8.2 Bahan 19
3.9 Prosedur Penelitian 19
3.9.1 Tahap Pembuatan Ekstrak Daun Kelor 19
3.9.2 Tahap Pembuatan Pasta Nanopartikel Daun Kelor 20
3.9.3 Tahapan Pembuatan Konsentrasi Pasta Nanopartikel 20
3.9.4 Tahapan Uji Daya Hambat Bakteri 20
a. Penyiapan Bakteri Uji 20
b. Uji Daya Hambat Bakteri 21
3.10 Analisis Data 22
3.11 Alur Penelitian 23

BAB IV HASIL PENELITIAN 24
BAB V PEMBAHASAN 27
BAB VI PENUTUP 31
6.1 KESIMPULAN 31
6.2 SARAN 31
DAFTAR PUSTAKA 32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Endodontik merupakan bagian ilmu kedokteran gigi mengenai penyakit dan perawatan pada jaringan pulpa dan periapikal yang bertujuan untuk mengeliminasi bakteri dan produknya dari sistem saluran akar sehingga gigi dapat dipertahankan selama mungkin di dalam rongga mulut.[1] Walaupun sudah dilakukan tahapan instrumentasi dan irigasi, namun bakteri masih bisa tertinggal di saluran akar terutama di dalam tubulus dentin. Sebagian besar merupakan bakteri golongan anaerob, salah satunya adalah *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) yaitu bakteri yang dapat menyebabkan infeksi primer.[1] Preparasi kemomekanis serta irigasi saluran akar tidak cukup untuk mengeliminasi bakteri sepenuhnya, maka perlu dilakukan tahapan medikasi saluran akar agar lebih efisien.[2,3]

Bahan medikamen yang paling umum digunakan saat ini ialah kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$). Kalsium hidroksida memiliki kemampuan menginaktivasi endotoksin bakteri serta dapat diterima baik oleh jaringan sebagai bahan medikamen saluran akar. Walaupun demikian, kalsium hidroksida dapat menyebabkan inflamasi selama beberapa hari pertama dan mudah larut. Oleh karena itu, diharapkan ada bahan alternatif dari alam yang memiliki kemampuan antibakteri yang serupa dengan bahan non-biologis.[4]

Salah satu bahan alam yang bersifat antibakteri adalah daun kelor (*Moringa oleifera*). Daun kelor mengandung senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antibakteri seperti saponin, flavonoid dan alkaloid dengan kemampuan merusak membran sel.[5,6] Ekstrak etanol daun kelor mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Daun kelor juga memiliki kandungan fenolik yang terbukti efektif berperan sebagai antioksidan. Namun dalam bentuk ekstrak biasa sediaan ini memiliki kelemahan yaitu kelarutannya dalam air rendah sehingga menurunkan bioavailabilitasnya. Maka pada penelitian ini dibuat dalam sediaan pasta nanopartikel daun kelor.[7] Nanopartikel adalah partikel berukuran 1-100 nanometer yang bertujuan untuk mengatasi kelarutan zat aktif yang sukar larut, memperbaiki bioavailabilitas yang rendah, memodifikasi sistem penghantaran obat, meningkatkan stabilitas zat aktif dan memperbaiki absorbsi. Kelebihan nanopartikel adalah kemampuannya menembus ruang antar sel yang dapat ditembus oleh partikel koloidal.[8]

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan konsentrasi berbeda terhadap bakteri *Enterococcus faecalis* sebagai kandidat alternatif medikamen saluran akar.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan konsentrasi berbeda terhadap bakteri *Enterococcus faecalis*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

   Mengetahui efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap bakteri *Enterococcus faecalis* sebagai kandidat alternatif medikamen saluran akar.

2. Tujuan khusus

   Mengetahui perbedaan efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) konsentrasi 1% dan 2,5% terhadap bakteri *Enterococcus faecalis*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Umum

   Menambah ilmu pengetahuan terhadap klinisi maupun praktisi mengenai efektivitas pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan konsentrasi berbeda terhadap bakteri *Enterococcus faecalis* sebagai kandidat alternatif medikamen saluran akar.

2. Manfaat Khusus

   a. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pengetahuan di bidang konservasi gigi mengenai efektivitas pasta nanopartikel daun

kelor (*Moringa oleifera*) terhadap bakteri *Enterococcus faecalis* sebagai kandidat alternatif medikamen saluran akar.

b. Sebagai acuan melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi berbagai manfaat pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) khususnya kemungkinan untuk dimanfaatkan dalam bidang kedokteran gigi sebagai kandidat alternatif medikamen saluran akar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri di Saluran Akar Gigi

Bakteri merupakan faktor paling penting dalam proses awal terjadinya karies. Bakteri akan berpenetrasi melalui tubulus dentin masuk ke ruang pulpa. Kondisi ini lambat laun akan mengakibatkan peradangan pulpa. Bakteri penyebab utama peradangan pulpa adalah *Enterococcus faecalis* yang akan menginvasi pulpa, bereproduksi, dan menginfeksi saluran akar.[9] Keberhasilan perawatan saluran akar gigi didasarkan pada keberhasilan mengeliminasi kontaminasi bakteri patogen dari ruang pulpa dan jaringan periapikal serta mencegah terjadinya infeksi berulang. *Enterococcus faecalis* telah lama diketahui merupakan bakteri yang ditemukan di sistem saluran akar dengan atau tanpa lesi periapikal paska perawatan saluran akar. [10,11]

2.1.1 *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis merupakan spesies bakteri fakultatif anaerob Gram positif tipe kokus yang berbentuk ovoid berdiameter 0.5-1 μm dan dapat berkoloni membentuk rantai, berpasangan ataupun soliter.[12] *Enterococcus faecalis* dikenal sebagai patogen oportunistik pada manusia yang biasanya terdapat di dalam lumen intestinal, vagina dan rongga mulut.[13] Bakteri ini bersifat resisten di dalam rongga mulut yang menjadi etiologi utama lesi pulpa dan periapikal setelah perawatan saluran akar.[14,15]

Bakteri *E. faecalis* mampu bertahan dalam saluran akar meskipun dalam kondisi tidak tersedia nutrisi, mampu berikatan dengan dentin, menginvasi tubulus dentinalis, membentuk biofilm, dan resisten terhadap pemberian kalsium hidroksida disebabkan karena bakteri ini memiliki kemampuan *proton-pump* yaitu dapat mempertahankan keseimbangan pH.[11]

Enterococcus faecalis dapat bertahan dalam lingkungan yang sangat ekstrim, termasuk pH yang sangat alkalis dan konsentrasi garam yang tinggi.[8] Dinding sel bakteri ini terdiri dari 40% peptidoglikan dan sisanya merupakan asam teikoat dan polisakarida.[16]

2.2 Medikamen Saluran Akar

Etiologi utama kelainan jaringan pulpa dan periapikal yaitu adanya invasi bakteri melalui saluran akar yang terinfeksi akibat perkembangan inflamasi pulpa yang juga disebabkan oleh bakteri. Untuk menghentikan kelainan jaringan pulpa dan periapikal ini, diperlukan perawatan saluran akar.[18]

Perawatan saluran akar bertujuan untuk membersihkan bakteri pada sistem saluran akar sehingga dapat dilakukan pengisian saluran akar dengan baik dan memperbaiki jaringan pulpa dan periapikal.[19] Bakteri yang tersisa pada saluran akar baik setelah dipreparasi maupun bakteri yang hidup setelah dilakukan perawatan adalah penyebab utama kegagalan perawatan.[20,21] Kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) merupakan salah satu bahan medikamen saluran akar yang efektif digunakan untuk perawatan saluran akar.[22]

2.2.1 Kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$)

Kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) menjadi pilihan utama sebagai pengobatan sistem saluran akar multi kunjungan. Agen yang telah digunakan sejak 1970-an ini memiliki sifat biologis yang menguntungkan sebagai medikamen saluran akar karena ion OH^- dapat memberikan efek antibakteri melalui peningkatan pH, kemampuan menetralisir toksin, serta dapat mengubah sifat dan mendetoksifikasi produk bakteri.[13,16,17] Walaupun bahan ini memiliki sifat biologis yang menguntungkan sebagai medikamen saluran akar, namun apabila berkontak langsung dengan dinding saluran akar akan berpengaruh pada sifat fisik dentin.[22,23]

Sifat basa kuat dari kalsium hidroksida dan pelepasan ion Ca^{2+} membuat jaringan yang berkontak menjadi alkalis, dan suasana basa menyebabkan aktivitas osteoklas atau resorpsi akan terhenti dan osteoblas menjadi aktif mendeposisi jaringan terkalsifikasi. Asam yang dihasilkan oleh osteoklas akan dinetralisir oleh kalsium hidroksida dan kemudian terbentuk komplek kalsium fosfat. Kalsium hidroksida juga dapat mengaktifkan *Adenosine Triphosphate* (ATP) yang mempercepat mineralisasi tulang dan dentin, serta *Transforming Growth Factor type ß* (TGF-ß) yang berperan penting pada biomineralisasi. Ion kalsium berperan dalam melarutkan jaringan nekrotik, menetralisir kondisi asam, serta menyebabkan terjadinya remineralisasi jaringan keras gigi, sedangkan ion hidroksil dapat memberikan efek antibakteri melalui peningkatan pH.[17,22]

2.3 Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

Di Indonesia, *Moringa oleifera* dikenal sebagai tanaman kelor dengan ketinggian 5-11 meter. Tanaman ini diperkirakan berasal dari Agra dan Oudh yang terletak di Barat Laut India, wilayah pegunungan Himalaya bagian selatan yang kemudian terdistribusi ke Filipina, Kamboja, Amerika Tengah, Amerika Utara dan Selatan serta Kepulauan Karibia. Kelor dapat tumbuh subur mulai dari daerah dataran rendah hingga ketinggian 600 m di atas permukaan laut, pada daerah tropis maupun subtropis dengan segala jenis tanah dan dapat bertahan 5-6 bulan pada kondisi kekeringan.[24,25]

Kelor adalah tanaman yang kaya akan nutrisi dan semua bagian tanamannya sangat bermanfaat.[26] Belakangan ini kelor banyak digunakan untuk perawatan kesehatan terutama untuk efek antibakteri, juga berfungsi sebagai antioksidan. Tanaman ini juga dapat digunakan untuk mempercepat proses pembentukan tulang dan mencegah terjadinya resorpsi tulang. Kelor mengandung senyawa flavonoid dan apabila diekstrak dapat menghasilkan *alkaline phosphatase* (ALP) dan hidroksipolin.[27,28]

Tanaman kelor mengandung zat besi yang tinggi, kalsium dan potasium, vitamin A, vitamin C, β-karoten, protein, antarquinon, alkaloid dan kuersetin. Serta kandungan fitokimia seperti tannin, flavonoid, dan saponin yang berperan sebagai antibakteri. Beberapa manfaat tanaman kelor diantaranya daun kelor sebagai antianemia, daun dan batang kelor sebagai penurun tekanan darah tinggi, biji buah kelor sebagai obat sakit perut, dan kulit dari pohon kelor sebagai obat radang usus besar.[6,29]

Daun kelor baik segar, dimasak, atau disimpan sebagai bubuk kering selama berbulan-bulan tanpa pendinginan, tidak akan mempengaruhi nilai gizi yang dikandung, sedangkan yang direbus menghasilkan zat besi tiga kali lebih banyak daripada daun mentah.[30]

2.3.1 Morfologi Tanaman Kelor

Tanaman kelor mempunyai tiga bentuk pohon yaitu tegak lurus, menyebar, dan terkulai. Untuk bentuk permukaan batang kelor terdapat permukaan bergaris, berkutil serta bercak. Sedangkan warnanya ada abu-abu, putih, cokelat susu, dan hijau.[31]

Bunga kelor ada yang berwarna putih, putih kekuningan atau merah, tergantung jenis atau spesiesnya. Tudung pelepah bunganya berwarna hijau dan mengeluarkan aroma bau semerbak. Umumnya di Indonesia bunga kelor berwarna putih kekuningan.[32]

Daun kelor berbentuk bulat telur dengan tepi daun rata dan ukurannya kecil-kecil bersusun majemuk dalam satu tangkai. Daun yang muda berwarna hijau muda dan berubah menjadi hijau tua pada daun yang sudah tua. Daun muda teksturnya lembut dan lemas sedangkan daun tua agak kaku dan keras.[32]

Gambar 1: Daun kelor. **Sumber:** Berawi KN, Wahyudo R, Pratama AA. Potensi terapi *Moringa oleifera* pada penyakit degeneratif. Jurnal Kedokteran Unila. 2019; 3(1): 210-214.

Buah kelor berbentuk panjang dan segitiga dengan panjang sekitar 20-60 cm, berwana hijau ketika masih muda dan berubah menjadi coklat ketika tua. Biji kelor berbentuk bulat, ketika muda berwarna hijau terang dan berubah berwarna cokelat kehitaman ketika polong matang dan kering dengan rata-rata berat biji berkisar 18 - 36 gram/100 biji.[32]

2.3.2 Taksonomi Kelor[33]

Berdasarkan sistematika (taksonomi) tumbuhan, tanaman kelor (*Moringa* oleifera) diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom: *Plantae*

Superkingdom: *Tracheobionta*

Superdivision: *Spermatophyta*

Division: *Magnoliophyta*

Class: *Magnoliopsida*

Subclass: *Dillenidae*

Order: *Capparales*

Family: *Moringaceae*

Spesies: *Moringa oleifera*

2.4 Nanopartikel

Nanopartikel merupakan partikel koloid padat dalam ukuran skala nano yang berkisar antara 1-1000 nm, dimana ini merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan bioavailabilitas senyawa aktif herbal. Tujuan utama dalam pembuatan nanopartikel sebagai sistem penghantar obat adalah untuk mengatur ukuran partikel, sifat-sifat permukaan, dan pelepasan zat aktif pada tempat yang spesifik di dalam tubuh sebagai sasaran pengobatan. Semakin kecil ukuran partikel, maka luas permukaan akan semakin meningkat. Permukaan yang lebih besar akan memungkinkan interaksi yang lebih besar sehingga dapat menyebabkan peningkatan kelarutan. Pada sistem penghantar obat, nanopartikel berperan sebagai pembawa dengan cara melarutkan, mengikat, dan mengenkapsulasi obat di dalam matriksnya atau pembawanya.[7] Salah satu kelebihan nanopartikel adalah kemampuan untuk menembus ruang antar sel yang dapat ditembus oleh partikel koloidal. Selain itu, fleksibel untuk dikombinasikan dengan berbagai teknologi lain. Kemampuan ini membuka potensi luas untuk dikembangkan pada berbagai keperluan dan target.[8]

2.5 Uji Antibakteri

Penyakit infeksi merupakan suatu penyakit yang disebabkan karena adanya bakteri patogen yang dapat membahayakan hidup manusia. Berbagai cara dilakukan untuk mencegah maupun mengobati penyakit infeksi.

Pengobatan infeksi yang disebabkan oleh bakteri dapat diatasi dengan antibiotik atau antibakteri. Antibakteri adalah senyawa yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri yang bersifat merugikan bertujuan untuk mencegah penyebaran penyakit dan infeksi, membasmi bakteri pada inang yang terinfeksi, dan mencegah pembusukan serta perusakan bahan oleh bakteri.[34]

Aktivitas antibakteri dapat dipelajari menggunakan beberapa metode, salah satunya metode difusi. Prinsip kerja metode ini adalah terdifusinya senyawa antibakteri ke dalam media padat dimana bakteri uji telah diinokulasikan. Ada 2 cara metode difusi yang dapat dilakukan, yaitu:

2.5.1 Metode difusi sumuran

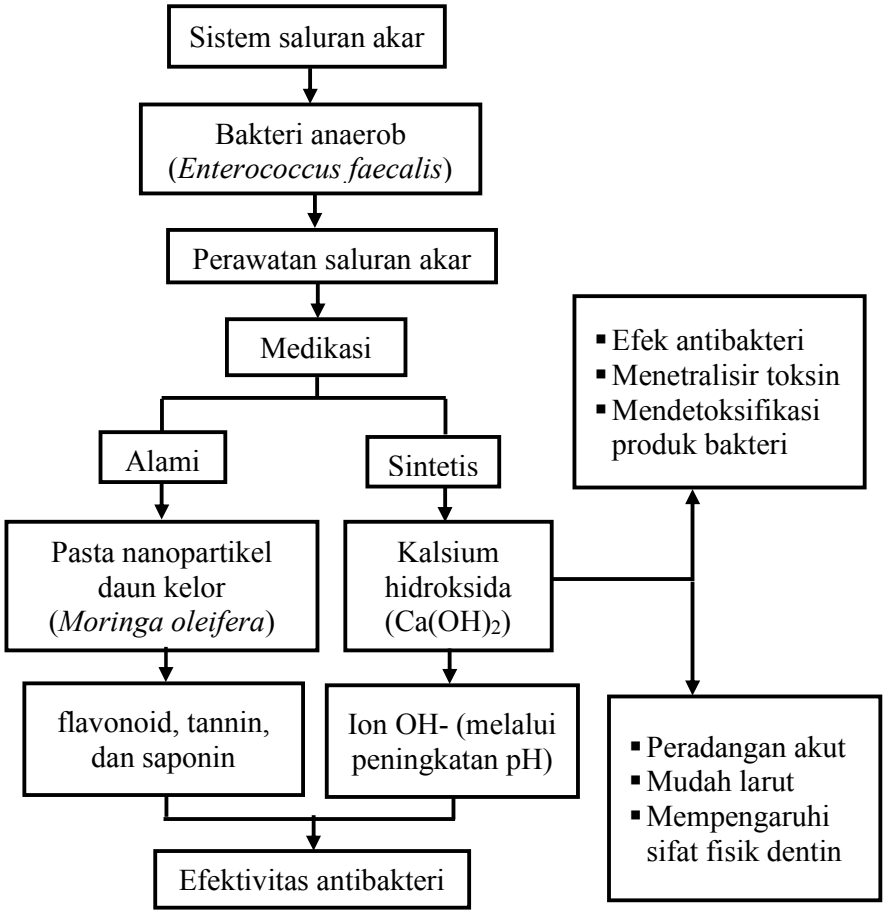
Metode sumuran memiliki kelebihan lebih mudah mengukur luas zona hambat yang terbentuk karena bakteri beraktivitas tidak hanya di permukaan atas nutrien Agar tetapi juga sampai ke bawah. Pembuatan sumuran memiliki beberapa kesulitan seperti terdapatnya sisa-sisa Agar pada suatu media yang digunakan untuk membuat sumuran, selain itu juga besar kemungkinan media Agar retak atau pecah disekitar lokasi sumuran sehingga dapat mengganggu proses peresapan antibiotik ke dalam media yang akan mempengaruhi terbentuknya diameter zona bening saat melakukan uji sensitivitas.[35]

2.5.2 Metode difusi cakram

Metode difusi menggunakan cakram memiliki kelebihan dapat dilakukan pengujian beberapa kali dalam sekali kegiatan, tidak memerlukan peralatan khusus dan relatif murah.[36] Metode ini dilakukan dengan cara kertas

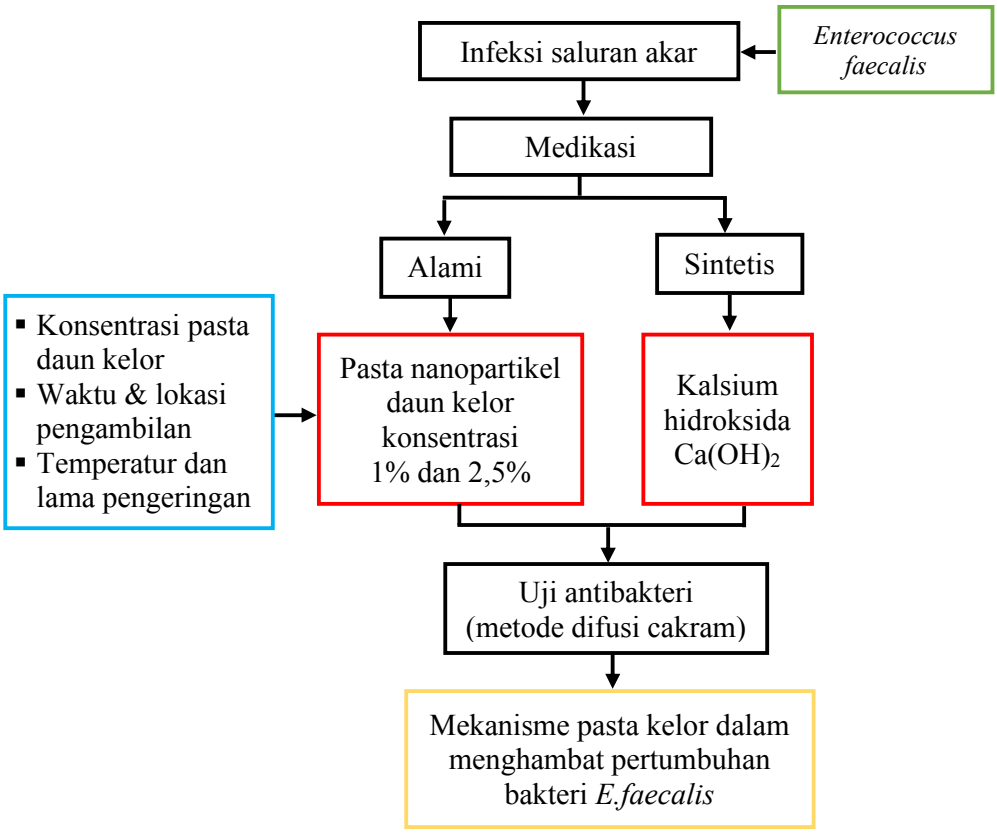
cakram sebagai media untuk menyerap bahan antibakteri dijenuhkan ke dalam bahan uji. Setelah itu kertas cakram diletakkan pada permukaan media Agar yang telah diinokulasi dengan biakan bakteri uji, kemudian diinkubasikan selama 18-24 jam pada temperatur 35°C. Area atau zona bening di sekitar kertas cakram diamati untuk menunjukkan ada tidaknya pertumbuhan bakteri. Diameter area atau zona bening sebanding dengan jumlah bakteri uji yang ditambahkan pada kertas cakram.[35]

2.6 Kerangka Teori



Gambar 2 Kerangka teori

2.7 Kerangka Konsep



Keterangan:

- Variabel terikat
- Variabel bebas
- Variabel kendali
- Variabel antara

Gambar 3 Kerangka konsep

2.8 Hipotesis

1. Pasta nanopartikel daun kelor dengan konsentrasi 1% dan 2,5% mampu menghambat pertumbuhan bakteri *E. faecalis.*
2. Daya antibakteri pasta nanopartikel daun kelor konsentrasi 2,5% lebih efektif dibanding konsentrasi 1% terhadap bakteri *E. faecalis.*
3. Daya antibakteri pasta nanopartikel daun kelor serupa dengan kalsium hidroksida.