

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

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
untuk mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi**



**Muh. Fachrul Itsani Gasri**

**J011 181 040**

**DEPARTEMEN ILMU KONSERVASI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2021**

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

**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**MUH. FACHRUL ITSANI GASRI**

**J011 181 040**

**DEPARTEMEN ILMU KONSERVASI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

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

**Oleh** : Muh. Fachrul Itsani Gasri /J011181040

Telah diperiksa dan disahkan  
pada tanggal 23 Oktober 2021

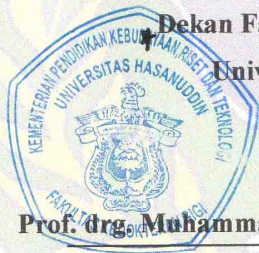
Oleh:

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 : Muh. Fachrul Itsani Gasri

NIM : J011181524

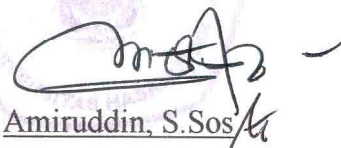
Judul : Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Bakteri *Enterococcus faecalis*

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

Makassar, 23 Oktober 2021

Koordinator Perpustakaan FKG

UNHAS



NIP. 19661121 199201 1 003

## PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh. Fachrul Itsani Gasri

NIM : J011181040

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Efektivitas Antibakteri Pasta Nanopartikel Daun Kelor (*Moringa oleifera*) 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, 23 Oktober 2021

Muh. Fachrul Itsani Gasri

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah 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*) 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 **apt. Gasri Hamida, S. Farm., SKM** dan Ibu **Ns. Helmiati Tahir, S. Kep** 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 dan Dr. drg. Hafsah Katu, M.Kes** yang telah meluangkan waktunya 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** yang telah banyak membantu penulis.
6. Staf laboratorium MIPA Universitas Negeri Makassar, Laboratorium Mikrostruktur FMIPA Universitas Negeri Makassar, Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Negeri Makassar atas perizinan yang diberikan, serta bantuan, arahan dan ilmu yang diberikan selama penelitian.
7. Teman seperjuangan skripsi, saudara **Fanny Ayu Elfira dan Iluh Astantya** yang selalu bersama penulis dari awal sampai selesai skripsi ini.
8. Teman dekat penulis anggota Avatar, **Ria, Elisie, dan Meuthia** yang banyak memberikan bantuan dan semangat kepada penulis hingga akhir penyelesaian skripsi ini.
9. Teman dekat penulis saudara **Wildan, Aliyah, Nabila Zaharani** yang banyak memberikan bantuan dan semangat kepada penulis hingga akhir penyelesaian skripsi ini.
10. Sahabat penulis sejak SMA hingga sekarang **geng 7ust** dan keluarga besar **XII IA 4 Smada Sidrap** yang telah banyak memberikan semangat kepada penulis hingga akhir penyelesaian skripsi ini.

11. Keluarga besar **Crimson Squadron, CINGULUMAN, dan CINGULUM 2018** atas segala kebersamaan dan kekompakannya selama kurang lebih 3 tahun ini.

12. 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. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Maka itu dengan kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan untuk pengembangan ilmu kedokteran gigi di masa datang.

Makassar, 23 Oktober 2021

Penulis



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

**ABSTRAK**

**Latar belakang:** Tujuan perawatan saluran akar adalah memelihara gigi dalam rongga mulut yang terinfeksi bakteri pada jaringan pulpa. Salah satu bakteri penyebab kegagalan perawatan saluran akar yaitu *Enterococcus faecalis*. Kalsium hidroksida merupakan *dressing* saluran akar yang banyak digunakan saat ini, yang memiliki kekurangan meingkatkan risiko fraktur akar dan menimbulkan peradangan periapikal. Daun kelor memiliki aktivitas antibakteri karena mengandung saponin, flavonoid dan alkaloid. Nanopartikel merupakan strategi untuk meningkatkan bioavailabilitas senyawa aktif herbal. **Tujuan** penelitian ini untuk mengetahui apakah pasta nanopartikel daun kelor memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Enterococcus 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, kalsium hidroksida dan aquades dengan masing-masing dilakukan 3 kali pengulangan. Kemampuan antibakteri berdasarkan zona inhibisi yang terbentuk disekitar kertas cakram pada media agar MHA. **Hasil** penelitian memperlihatkan rata-rata diameter zona hambat pasta nanopartikel daun kelor sebesar 7,60 mm dan kalsium hidroksida sebesar 10,88 mm. **Kesimpulan:** Efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) cukup baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Enterococcus faecalis*.

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

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

**ABSTRACT**

**Background:** The goal of root canal treatment is to maintain teeth in the oral cavity that are infected with bacteria in the pulp tissue. One of the bacteria that causes root canal treatment failure is *Enterococcus faecalis*. Calcium hydroxide is the most widely used root canal dressing today, which has the disadvantage of increasing the risk of root fracture and causing periapical inflammation. Moringa leaves have antibacterial activity because they contain saponins, flavonoids and alkaloids. Nanoparticles are a strategy to increase the bioavailability of active herbal compounds. **Objectives:** The purpose of this study was to determine whether Moringa leaf nanoparticle paste had antibacterial activity against *Enterococcus faecalis*. **Methods:** This research method uses experimental laboratory with posttest design with control group design with *Kirby-Bauer* method. The research sample consisted of Moringa leaf nanoparticle paste, calcium hydroxide and aquades with 3 repetitions each. Antibacterial ability based on the inhibition zone created around the paper disc on MHA agar media. **Result:** The results showed that the average diameter of the inhibition zone of Moringa leaf nanoparticle paste was 7.60 mm and calcium hydroxide was 10.88 mm. **Conclusion:** The antibacterial effectiveness of Moringa leaf (*Moringa oleifera*) nanoparticle paste is quite good in inhibiting the growth of *Enterococcus faecalis* bacteria.

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

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
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 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Perawatan Endodontik.....	4
2.2 <i>Dressing</i> Saluran Akar .....	4
2.2.1 Kalsium Hidroksida.....	5
2.3 Daun Kelor .....	6
2.3.1 Taksonomi .....	8
2.4 <i>Enterococcus faecalis</i> ( <i>E. faecalis</i> ) .....	8
2.5 Nanopartikel .....	9
2.6 Metode Difusi.....	11
2.7 Hipotesis.....	11
2.8 Kerangka Teori.....	12
2.9 Kerangka Konsep .....	13

BAB 3 METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Jenis Penelitian.....	14
3.2 Desain Penelitian.....	14
3.3 Lokasi Penelitian.....	14
3.4 Waktu Penelitian.....	14
3.5 Subjek Penelitian.....	14
3.6 Variabel Penelitian.....	14
3.6.1 Variabel independen.....	14
3.6.2 Variabel dependen.....	14
3.6.3 Variabel antara.....	15
3.6.4 Variabel kendali.....	15
3.7 Definisi Operasional Variabel.....	15
3.8 Alat dan Bahan.....	16
3.9 Prosedur Kerja.....	16
3.10 Data Penelitian.....	19
3.11 Alur Penelitian.....	20
BAB 4 HASIL PENELITIAN.....	21
BAB 5 PEMBAHASAN.....	25
BAB 6 PENUTUP.....	28
6.1 Kesimpulan.....	28
6.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tujuan perawatan saluran akar adalah memelihara gigi dalam rongga mulut sehingga dapat diterima secara biologis oleh jaringan di sekitarnya, menghilangkan bakteri yang menyebabkan infeksi pada jaringan pulpa dan periapikal, serta mencegah infeksi ulang karena kontaminasi bakteri.<sup>1</sup>

Keberhasilan jangka panjang dari perawatan ini bergantung pada anatomi sistem saluran akar dan resistensi bakteri. Bakteri dianggap sebagai etiologi utama lesi pulpa dan periapikal akibat produksi toksin yang mengiritasi daerah tersebut. Salah satu bakteri penyebab utama kegagalan perawatan saluran akar adalah *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*), yaitu bentuk bakteri paling resisten pada infeksi endodontik primer dan sekunder<sup>2</sup> yang dapat mentolerir kondisi ekstrim dalam sistem saluran akar.<sup>3</sup> Oleh karena itu diperlukan pemberian *drressing* saluran akar.<sup>4</sup>

*Dressing* saluran akar yang banyak digunakan saat ini adalah kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang memiliki efek antibakteri kuat dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri,<sup>3,4</sup> tetapi penggunaan kalsium hidroksida dapat menimbulkan peradangan periapikal selama beberapa hari,<sup>5</sup> dan penggunaan jangka panjang dapat meningkatkan risiko fraktur akar<sup>6</sup> oleh karena itu diperlukan alternatif dari bahan alam yang potensial, salah satunya yaitu tanaman kelor yang memiliki aktivitas antibakteri karena mengandung senyawa saponin, flavonoid, alkaloid.<sup>7,8</sup> Penelitian oleh Kataia *et al* (2020)

yang menambahkan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) pada *sealer* zinc oxide eugenol terbukti memiliki sifat antibakteri terhadap *E. faecalis* yang lebih baik daripada resin dan *sealer* berbasis kalsium hidroksida.<sup>9</sup> Penelitian oleh Julianawati *et al* (2020) menggunakan nanopartikel ekstrak daun kelor menunjukkan kadar flavonoid cukup tinggi dan sifat antioksidan.<sup>10</sup>

Nanopartikel merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan bioavailabilitas senyawa aktif herbal, karena sediaan ekstrak memiliki kelemahan yaitu rendahnya kelarutan dalam air sehingga menurunkan bioavailabilitasnya. Nanopartikel dapat meningkatkan kelarutan karena ukurannya yang lebih kecil,<sup>10</sup> sehingga mampu menembus biofilm dan matriks polisakarida ekstraseluler, meningkatkan efikasi antibakteri dan mengurangi resistensi antimikroba.<sup>11</sup>

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap bakteri *E. faecalis* sebagai kandidat *dressing* saluran akar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka didapatkan rumusan masalah: bagaimana efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap bakteri *E. faecalis*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### 1.3.1 Tujuan umum

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

#### 1.3.2 Tujuan khusus

Membandingkan efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>).

### **1.4 Manfaat Penelitian**

#### 1.4.1 Manfaat Umum

Menambah wawasan dan memberikan informasi kepada masyarakat mengenai potensi pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai kandidat *dressing* saluran akar.

#### 1.4.2 Manfaat Khusus

- a. Memberikan informasi pengetahuan di bidang konservasi gigi mengenai efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap bakteri *E. faecalis* sebagai kandidat *dressing* saluran akar.
- b. Menjadi dasar ilmiah untuk penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas antibakteri pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap bakteri *E. faecalis* khususnya sebagai kandidat *dressing* saluran akar.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perawatan Endodontik**

Perawatan endodontik merupakan salah satu jenis perawatan gigi yang bertujuan mempertahankan gigi yang mengalami kerusakan agar dapat diterima secara biologis oleh jaringan sekitarnya, tanpa gejala, dapat berfungsi kembali dan tidak ada tanda-tanda kelainan patologis. Gigi yang rusak bila dirawat dan direstorasi dengan baik akan bertahan di dalam rongga mulut.<sup>12</sup>

Prinsip perawatan endodontik terdiri dari tiga, diantaranya yaitu tahapan medikasi saluran akar, merupakan tahapan menghilangkan mikroorganisme patogenik dengan cara pemberian larutan irigasi dan *dressing* saluran akar.<sup>13</sup>

#### **2.2 Dressing Saluran Akar**

Perawatan endodontik pada dasarnya bertujuan untuk mengeliminasi bakteri semaksimal mungkin dari saluran akar. Hal ini dapat dilakukan melalui proses pembersihan saluran akar secara kemomekanis yang bertujuan untuk menurunkan jumlah bakteri. Eliminasi bakteri melalui proses tersebut kurang optimal karena masih ada sisa bakteri dalam saluran akar. Keterbatasan tersebut terjadi akibat anatomi ruang pulpa yang rumit, selain itu jauhnya penetrasi bakteri ke dalam tubulus dentin juga menyebabkan perawatan endodontik dan irigasi tidak dapat membebaskan saluran akar dari bakteri. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal-hal tersebut diperlukan pemberian *dressing* saluran akar.<sup>3</sup>



Tujuan pemberian *dressing* saluran akar adalah untuk memperoleh aktivitas antibakteri di dalam pulpa dan periapikal, menetralkan sisa-sisa debris di saluran akar, serta mengontrol dan mencegah nyeri pasca perawatan. Salah satu *dressing* yang banyak digunakan dalam perawatan endodontik yaitu kalsium hidroksida.<sup>14</sup>

### 2.2.1 Kalsium hidroksida

Kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) telah digunakan sebagai *dressing* dalam perawatan endodontik sejak tahun 1920 pada gigi dengan pulpa nekrotik dengan pH basa yang tinggi ( $>12$ ). Kalsium hidroksida bersifat tidak cepat mengeras, tidak larut dalam alkohol, mudah dikeluarkan, radioopak, dapat menghancurkan sisa-sisa jaringan nekrotik, dan membantu perbaikan jaringan periapikal. Bahan *dressing* ini dapat menciptakan lingkungan bakteristatik, dengan ioniknya disosiasi menjadi ion kalsium dan hidroksil sehingga menghasilkan efek toksik pada bakteri<sup>3</sup>

Kalsium hidroksida secara fisik bertindak sebagai *barrier* yang mengisi rongga saluran akar dan mencegah masuknya bakteri ke dalam sistem saluran akar dan membunuh mikroba misalnya *E. faecalis* yang tersisa dengan menahan substrat untuk pertumbuhan dan membatasi tempat untuk multiplikasi.<sup>14</sup>

Secara kimia, kalsium hidroksida merusak membran sitoplasmik bakteri dengan aksi langsung ion hidroksil, menekan aktivitas enzim dan mengganggu metabolisme seluler, dan menghambat replikasi DNA dengan memisahkan DNA.<sup>14</sup>

Sifat biologis dari kalsium hidroksida, antara lain biokompatibilitas berkaitan dengan kelarutan yang rendah dalam air dan difusi terbatas, membantu menghancurkan sisa-sisa jaringan nekrotik dan bakteri serta produknya, menghambat resorpsi akar serta mampu menstimuli penyembuhan jaringan keras periapikal sekitar saluran akar gigi yang terinfeksi, dan penyembuhan periapikal setelah trauma.<sup>14</sup>

### 2.3 Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Gerakan kembali ke alam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kesehatan, termasuk memilih menggunakan tanaman obat sebagai alternatif dibandingkan dengan obat kimia yang memiliki efek samping. Meskipun tanaman obat bereaksi lambat, namun obat alami lebih efektif dan lebih aman dikonsumsi dalam jangka waktu yang panjang. Salah satu tanaman alternatif yang memiliki banyak manfaat adalah kelor.<sup>15,16</sup>



**Gambar 2.1** Daun kelor. Sumber: Dani *et al.* Etnobotani tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam.) di Desa Kedungbulus Gembong Pati. *Journal of Biology and Applied Biology*. 2019; 2(2):49<sup>16</sup>

Hasil penelitian Abalaka *et al* (2012) menunjukkan potensi daun kelor (*Moringa oleifera*) pada kloroform dan ekstrak air yang digunakan mengandung biokomponen yang memiliki potensi antibakteri terhadap bakteri Gram negatif dan Gram positif yang diuji. Aktivitas daun kelor ini dapat menjadi indikasi keberadaan luas spektrum senyawa bioaktif di daun kelor.<sup>16,18</sup>

Daun kelor mengandung banyak senyawa yang bersifat antibakteri seperti flavonoid, alkaloid, triterpenoid, dan saponin.<sup>7,19,20</sup> Flavonoid berfungsi sebagai antioksidan yang mampu menjaga terjadinya oksidasi sel tubuh. Menurut Gisvold (1982) *cit* Sabir (2005) disebutkan bahwa flavonoid menyebabkan terjadinya kerusakan permeabilitas dinding sel bakteri, mikrosom, dan lisosom sebagai hasil interaksi antara flavonoid dengan DNA bakteri.<sup>20</sup> Saponin dapat mempengaruhi kemampuan membran sel bakteri, senyawa ini bisa mengubah struktur dan fungsi membran, menyebabkan denaturasi protein sehingga membran sel rusak dan lisis, dan menyebabkan kerusakan bakteri.<sup>20</sup>

Alkaloid mempunyai kemampuan sebagai antibakteri dengan mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel.<sup>22</sup> Begitu pula dengan senyawa triterpenoid yang dapat bereaksi dengan porin pada membran luar dinding sel bakteri dan membentuk ikatan polimer kuat yang menyebabkan kerusakan, hal ini mengakibatkan masuknya senyawa yang mereduksi permeabilitas dinding sel bakteri sehingga sel bakteri kekurangan nutrisi dan pertumbuhan bakteri dapat dihambat.<sup>7</sup>

### 2.3.1 Taksonomi <sup>22</sup>

Berdasarkan sistem 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*

Genus: *Moringa*

Species: *oleifera*

### 2.4 *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*)

Salah satu jenis bakteri yang sering ditemukan dalam infeksi saluran akar adalah *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*). *Enterococcus faecalis* merupakan bakteri Gram positif fakultatif anaerob yang termasuk flora normal dalam rongga mulut, namun bakteri ini dapat menjadi patogen dan memiliki peran utama sebagai penyebab lesi periradikuler persisten setelah perawatan saluran akar<sup>23</sup>. *Enterococcus faecalis* mengandalkan kemampuannya untuk bertahan hidup sebagai patogen dalam saluran akar gigi dan resisten terhadap antibiotik. Bakteri ini juga mampu bertahan pada saluran akar meskipun dalam kondisi

ketidaktersediaan nutrisi, mampu berikatan dengan dentin, menginvasi tubulus dentinalis, membentuk biofilm, dan resisten terhadap pemberian  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .<sup>24</sup>

Resistensi *E. faecalis* terhadap *dressing* saluran akar disebabkan kemampuannya mempertahankan keseimbangan pH, yang merupakan akibat dari penetrasi ion membran sel dan juga kapasitas buffer sitoplasma bakteri. *Enterococcus faecalis* memiliki kemampuan *proton-pump* yang juga mempertahankan keseimbangan pH. *Proton pumping* ke dalam sel dilakukan untuk menciptakan pH internal yang lebih rendah. Selain itu, adanya kapasitas buffer dari dentin menyebabkan pH 11.5 tidak dapat dipertahankan dalam tubulus dentin sehingga bakteri ini tetap hidup.<sup>23,25,26</sup>

Faktor virulen lain yang dimiliki *E. faecalis* adalah *Lipoteichoic acid* (LTA) yang merupakan unsur utama dari *outer envelope* bakteri Gram positif yang dikenali oleh molekul signaling spesifik pada permukaan sel host yang disebut *Toll-like receptors 2* (TLR-2) dan menghasilkan respon imun. Respon imun yang terjadi disebabkan adanya bakteri *E. faecalis* melalui pengenalan LTA oleh TLR-2 yang akan menyebabkan inflamasi jaringan periapikal.<sup>26</sup>

## 2.5 Nanopartikel

Senyawa aktif herbal dalam bentuk sediaan ekstrak memiliki kelemahan yaitu rendahnya kelarutan dalam air sehingga menurunkan bioavailabilitasnya. Efisiensi dari penggunaan obat dapat terhambat oleh kemampuan obat itu sendiri dalam mencapai tempat aksinya. Oleh karena itu

nanopartikel muncul sebagai salah satu strategi untuk meningkatkan bioavailabilitas senyawa aktif herbal.<sup>10</sup>

Nanopartikel dideskripsikan sebagai formulasi suatu partikel yang terdispersi pada ukuran nanometer atau skala per seribu micron. Beberapa kelebihan nanopartikel adalah kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh ukuran partikel koloidal, kemampuan untuk menembus dinding sel yang lebih tinggi, baik melalui difusi maupun opsonifikasi, dan fleksibilitasnya untuk dikombinasi dengan berbagai teknologi lain sehingga membuka potensi yang luas untuk dikembangkan pada berbagai keperluan dan target. Kelebihan lain dari nanopartikel adalah adanya peningkatan afinitas dari sistem karena peningkatan luas permukaan kontak pada jumlah yang sama.<sup>27</sup>

Tujuan utama 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. Ukuran partikel yang lebih kecil, memungkinkan luas permukaan lebih meningkat dan interaksi yang lebih besar sehingga dapat menyebabkan peningkatan kelarutan. Sebagai sistem penghantar obat, nanopartikel berperan sebagai pembawa dengan cara melarutkan, mengikat, mengenkapsulasi obat di dalam matriks atau pembawanya.<sup>10</sup>

## 2.6 Metode Difusi

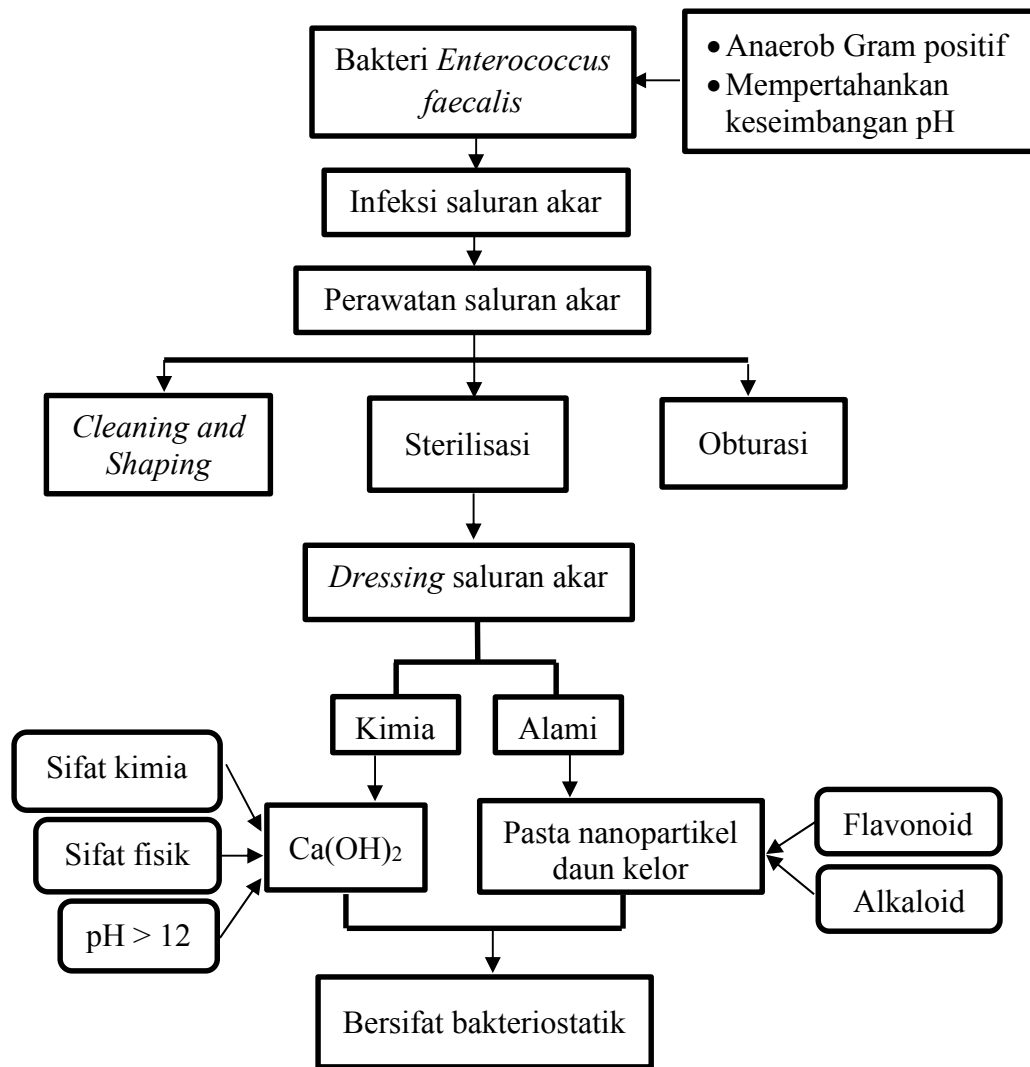
Uji sensitivitas dengan metode difusi Agar plate dapat dilakukan dengan cara *Kirby Bauer* dengan teknik *disc diffusion* (cakram disk)<sup>28</sup> menggunakan media selektif, yaitu media *Mueller Hinton Agar* (MHA).<sup>29</sup> Sensitivitas merupakan zona hambat yang terjadi pada antibiotik terhadap bakteri sedangkan resistensi merupakan zona hambat antibiotik yang tidak terjadi terhadap bakteri. Apabila tampak adanya zona hambatan pertumbuhan bakteri disekeliling cakram antibiotik, maka bakteri yang diperiksa sensitif terhadap antibiotika.<sup>30</sup> Area jernih atau disebut juga zona hambat mengindikasikan adanya hambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh agen antibakteri permukaan media Agar.<sup>31</sup>

Metode difusi cakram adalah metode yang paling sering digunakan dimana cara kerja difusi cakram yaitu antibakteri yang akan diuji diserapkan pada kertas cakram dan ditempelkan pada media Agar yang telah dihomogenkan dengan bakteri kemudian diinkubasi sampai terlihat zona hambat didaerah sekitar cakram.<sup>30,31</sup>

## 2.7 Hipotesis

Pasta nanopartikel daun kelor (*Moringa oleifera*) efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Enterococcus faecalis*.

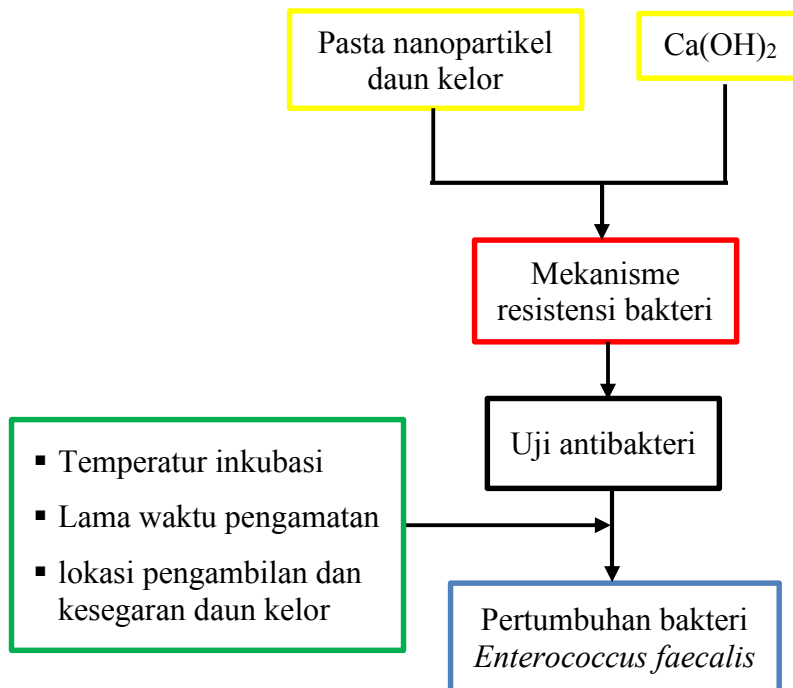
## 2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Skema kerangka teori



## 2.9 Kerangka Konsep



Keterangan:

Variabel independen

Variabel dependen

Variabel antara

Variabel kendali

Gambar 2.3 Skema kerangka konsep