

**AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK DAUN
KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) DAN KITOSAN DENGAN
KALSIUM HIDROKSIDA TERHADAP BAKTERI
*PORPHYROMONAS GINGIVALIS***

SKRIPSI

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



**DISUSUN OLEH:
MUHAMMAD FADHEL SABIRIN
J011 20 1119**

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

2023

SKRIPSI

**AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK DAUN
KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) DAN KITOSAN DENGAN
KALSIUM HIDROKSIDA TERHADAP BAKTERI
*PORPHYROMONAS GINGIVALIS***

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Sarjana

Kedokteran Gigi

MUHAMMAD FADHEL SABIRIN

J011 201 119

DEPARTEMEN ILMU KONSERVASI

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kitosan dengan Kalsium Hidroksida terhadap Bakteri *Porphyromonas gingivalis*

Oleh : Muhammad Fadhel Sabirin / J011201119

Telah diperiksa dan disahkan
pada tanggal 15 November 2023

Oleh:

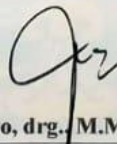
Pembimbing



Dr. Maria Tanumihardja, drg., Md.Sc.
NIP. 1961021 618702 2 001

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hasanuddin**



Irfan Sugianto, drg., M.Med.Ed., Ph.D.
NIP. 19810215 200801 1 009

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tercantum dibawah ini:

Nama : Muhammad Fadhel Sabirin


NIM : J011201119

Judul : Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kitosan dengan Kalsium Hidroksida terhadap Bakteri *Porphyromonas gingivalis*

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

Makassar, 15 November 2023

Koordinator Perpustakaan FKG UNHAS


Amiruddin, S.Sos
NIP. 19661121 199201 1 003

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Fadhel Sabirin

NIM : J011201119

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kitosan dengan Kalsium Hidroksida terhadap Bakteri *Porphyromonas gingivalis*” 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, 15 November 2023



Muhammad Fadhel Sabirin

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Pembimbing:

Dr. Maria Tanumihardja, drg., Md.Sc

Tanda Tangan

()

Judul Skripsi:

Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kitosan dengan Kalsium Hidroksida terhadap Bakteri *Porphyromonas gingivalis*

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul seperti tersebut di atas telah diperiksa, dikoreksi, dan disetujui oleh pembimbing untuk dicetak dan/atau diterbitkan.

MOTTO

“Jika kamu tidak tahan terhadap lelahnya belajar, maka kamu akan menanggung perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

“Pokoknya kau harus jadi orang sukses, makanya belajarki betul-betul, masalah biaya nanti mama sama bapak yang tanggung”

(.....)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Shubahanahu Wa Ta'ala, karena berkat rahmat dan ridha-Nya yang senantiasa memberikan kemampuan dan kelancaran kepada penulis sehingga skripsi yang berjudul “Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor dan Kitosan dengan Kalsium Hidroksida terhadap Bakteri *Porphyromonas gingivalis*” sebagai salah satu syarat dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tak lupa pula penulis haturkan kepada Nabiullah Muhammad SAW. yang merupakan sebaik-baiknya suri teladan.

Selama proses penyusunan skripsi ini tentunya tidak luput dari bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini, yaitu kepada:

1. **Irfan Sugianto, drg., M.Med.Ed., Ph.D.** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.
2. **Dr. Maria Tanumihardja, drg., Md.Sc** selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan serta ilmu yang sangat bermanfaat untuk penulis hingga penyelesaian skripsi ini.
3. **Dr. Juni Jekti Nugroho, drg., Sp.KG Subsp. KE(K)** dan **Noor Hikmah, drg., M. KG., Sp. KG Subsp. KR(K)** yang telah meluangkan waktunya menjadi dosen penguji serta memberikan kritik dan saran yang membangun bagi penulis.
4. Kedua orang tua penulis, **H. Muh. Sabirin** dan **Hj. Rosmini D, S. KM**, saudara penulis, yaitu **Muhammad Iswanto Sabirin, drg., M. Kes.** dan **Muhammad**

Ichsan Sabirin, drg. yang selalu membantu, memotivasi, mendukung dan mendoakan penulis.

5. Seluruh dosen, staf Akademik khususnya **Pak Ibrahim**, staf Tata Usaha Khususnya **Pak Bahri**, staf Perpustakaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, dan staf Departemen Ilmu Konservasi yang telah banyak membantu penulis selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
6. Staf *front office* dekanat FKG Unhas **Kak Wahyu, Kak Windy dan Kak Mamad** yang selalu membantu kami dalam proses penyusunan skripsi kami, khususnya untuk **Kak Mamad** yang berjasa besar bagi kami karena dapat mengolah data penelitian kami sehingga kami bisa menyelesaikan skripsi ini.
7. Segenap **Asisten laboratorium Mikrobiologi** Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin, yaitu **Kak Yusril Tunggaleng, S. Si.** serta seluruh staf, atas perizinan yang diberikan, serta bantuan, arahan dan ilmu yang diberikan selama penelitian.
8. Laboran laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, yaitu **Pak Marcus Lembong, Am, Ak., SKM.** atas perizinan yang diberikan, serta bantuan, arahan dan ilmu yang diberikan selama penelitian.
9. Segenap keluarga besar seperjuangan **Artikulasi 2020** atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis, khususnya teman seperjuangan skripsi **Adilah Zahirah Fitri Djerman** dan **Erna Arminta Sutanto.**
10. Teman-teman terdekat penulis, **Warga Rusun (Adilah Zahirah Fitri Djerman, Andi Ayu Dwi Rahmadhani Arfani, Andi Sri Herdiyanti, Annisa Aulya Arriyahyah, Rasyiqah Amni J., Ariva Mahardika, Nur Inayah**

Zhafirah, Herdini Isnaeni Haer, Bella Anandyta Satria, Sitti Zahra Zafira, Abhit Dian Maulana, Muhammad Rezky Ramadhan, Muhammad Arifin Rianto, dan Fadhlán Isnan Makkawaru) yang telah memberikan semangat dan dukungan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.

11. Teman-teman **ARTIKULACO 2020** yang selalu memberikan bantuan, dukungan dan kiat-kiat dalam menyelesaikan skripsi saya.
12. Teman-teman pengurus **Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin Periode 2022-2023** yang telah memberikan semangat dan dukungan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
13. Teman-teman pengurus **Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Komisariat Kedokteran Gigi Cabang Makassar Timur Periode 1444-1445 H** yang telah memberikan semangat dan dukungan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
14. Teman-teman seperjuangan **Korps Asisten Dental material Angkatan 2020** yang selalu membagikan kiat-kiat dalam menyusun skripsi dan memberikan dukungan serta semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
15. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan selama penyusunan skripsi ini.

ABSTRAK

Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Kitosan dengan Kalsium Hidroksida terhadap Bakteri *Porphyromonas gingivalis*

Latar Belakang: Pemberian bahan pulp capping pada pulpa vital reversible dengan karies yang hampir mencapai pulpa atau pada pulpa yang terbuka ditujukan untuk mempertahankan vitalitas pulpa. Salah satu bahan pulp capping yang umum digunakan yaitu kalsium hidroksida untuk mematikan bakteri, menyembuhkan pulpa yang terinflamasi dan menginduksi pembentukan dentin reparatif. Kombinasi ekstrak herbal dengan kalsium hidroksida telah banyak diteliti untuk mengoptimalkan pembentukan dentin reparatif. **Tujuan:** Mengevaluasi aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan berbagai konsentrasi dan kalsium hidroksida terhadap bakteri *Porphyromonas gingivalis*. **Metode:** Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratorium dengan desain *post-test with control group design* menggunakan metode difusi. Sampel penelitian terdiri atas kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida dengan perbandingan konsentrasi 1:1, 1,5:1, 2:1 dan kontrol positif. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong dari *paper disc* ke zona hambat terluar. Analisis data dilakukan dengan uji *Shapiro Wilk* dan *One-Way Anova*. **Hasil:** Diameter zona hambat kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida pada perbandingan (1:1) sebesar 8,8 mm pada 24 jam, 9,8 mm pada 48 jam dan 10,2 mm pada 72 jam. Perbandingan (1,5:1) sebesar 10,0 mm pada 24, 10,7 mm pada 48 jam dan 10,9 mm pada 72 jam. Perbandingan (2:1) sebesar 11,1 mm pada 24, 11,8 mm pada 48 jam dan 11 mm pada 72 jam. Kontrol positif sebesar 10,8 mm pada 24 jam, 11,11 mm pada 48 jam dan 9,4 mm pada 72 jam. **Kesimpulan:** Kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida tidak meningkatkan daya hambat bakteri terhadap *Porphyromonas gingivalis* dibandingkan dengan kalsium hidroksida.

Kata Kunci: Ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*), Kitosan, Kalsium hidroksida, *Porphyromonas gingivalis*.

ABSTRACT

Antibacterial Activity of Combination of Moringa Leaf Extract (*Moringa oleifera*) and Chitosan with Calcium Hydroxide against *Porphyromonas gingivalis* Bacteria

Background: The application of pulp capping materials in reversible vital pulp with caries that has almost reached the pulp or in exposed pulp is aimed at maintaining pulp vitality. One of the commonly used pulp capping agents is calcium hydroxide to kill bacteria, heal inflamed pulp and induce reparative dentin formation. The combination of herbal extracts with calcium hydroxide has been widely studied to optimize reparative dentin formation. **Objective:** To evaluate the antibacterial activity of a combination of Moringa leaf extract (*Moringa oleifera*) and chitosan at various concentrations with calcium hydroxide against *Porphyromonas gingivalis*. **Method:** This is a laboratory experimental study with post-test control group design using the diffusion method. The samples consist of a combination of moringa leaf extract and chitosan with calcium hydroxide at concentration ratio of 1:1, 1.5:1, 2:1 and positive control. The diameter of the inhibition zone was measured using a caliper from the paper disc to the outermost. Data analysis was performed with Shapiro Wilk test and One-Way Anova. **Results:** The diameter of the inhibition zone of the combination of moringa leaf extract and chitosan with calcium hydroxide in the ratio (1:1) was 8.8 mm at 24 hours, 9.8 mm at 48 hours and 10.2 mm at 72 hours. (1.5:1) was 10.0 mm at 24 hours, 10.7 mm at 48 hours and 10.9 mm at 72 hours. (2:1) was 11.1 mm at 24, 11.8 mm at 48 hours and 11 mm at 72 hours. The positive control was 10.8 mm at 24 hours, 11.11 mm at 48 hours and 9.4 mm at 72 hours. **Conclusion:** The combination of Moringa leaf extract (*Moringa oleifera*) and chitosan with calcium hydroxide did not enhance antibacterial activity against *Porphyromonas gingivalis* compared to calcium hydroxide.

Keywords: Moringa leaf extract (*Moringa oleifera*), Chitosan, Calcium hydroxide, *Porphyromonas gingivalis*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI PEMBIMBING	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Proses Terjadinya Karies	8
2.2 Trauma Pada Gigi	10
2.3 Pulp Capping	11
2.3.1 Kalsium Hidroksida	12
2.4 Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	14
2.4.1 Definisi dan morfologi Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>).....	14
2.4.2 Taksonomi Klasifikasi Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	15
2.4.3 Kandungan Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	16
2.4.4 Antiinflamasi Daun Kelor	16
2.5 Kitosan	18
2.5.1 Kandungan Kitosan	18

2.5.2	Kitosan Sebagai Anti-Bakteri.....	19
2.6	Bakteri <i>Porphyromonas gingivalis</i>	19
BAB III	.....	22
KERANGKA TEORI DAN KONSEP	.....	22
3.1	Kerangka Teori.....	22
3.2	Kerangka Konsep	23
3.3	Hipotesis.....	24
BAB IV	.....	25
METODOLOGI PENELITIAN	.....	25
4.1	Jenis Penelitian	25
4.2	Desain Penelitian	25
4.3	Lokasi Penelitian	25
4.4	Waktu Penelitian.....	25
4.5	Sampel Penelitian	25
4.6	Variabel penelitian.....	26
4.7	Definisi Oprasional Variabel.....	26
4.8	Alat dan Bahan	27
4.8.1	Alat	27
4.8.2	Bahan	27
4.9	Prosedur Kerja	27
4.10	Alur Penelitian	29
BAB V	.....	30
HASIL PENELTIAN	.....	30
5.1	Hasil Uji Normalitas Data.....	32
5.2	Uji Homogenitas Data.....	34
5.3	Uji Analisis <i>One-Way Anova</i>	34
5.4	Uji Analisis <i>Post – Hoc Test (LSD)</i>	35
BAB VI	.....	37
PEMBAHASAN	.....	37
BAB VII	.....	41
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	41
7.1	Kesimpulan.....	41

7.2	Saran	41
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.6 Bakteri <i>Pophyromonas gingivalis</i>	20
Gambar 3.1 Kerangka Konsep.....	22
Gambar 3.2 Kerangka Teori	23
Gambar 5.1 Zona hambat bakteri.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Hasil pengukuran diameter (mm) zona hambat	31
Tabel 5.2 Hasil Uji Normalitas Data.....	32
Tabel 5.3 Uji Homogenitas Data	34
Tabel 5.4 Uji Analisis <i>One-Way Anova</i>	34
Tabel 5.5 Uji Analisis <i>Post – Hoc Test (LSD)</i>	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan gigi dan mulut memiliki peranan yang sangat penting bagi kesehatan tubuh kita, namun berdasarkan data *The WHO Global Oral Health Status Report* (2022), secara global prevalensi masalah kesehatan gigi dan mulut, karies gigi menempati posisi pertama dengan prevalensi terjadinya sekitar 2 milyar jiwa pada gigi permanen lalu karies pada gigi desidui dengan prevalensi sekitar 514 juta jiwa, dan kasus edentulous dengan prevalensi sekitar 350 juta jiwa.¹ Berdasarkan hasil riset kesehatan dasar Indonesia tahun 2018 ditemukan kasus masalah gigi dan mulut yang terbesar adalah kasus gigi rusak/berlubang/sakit yaitu sebanyak 45,3%.² Data ini menunjukkan bahwa prevalensi masalah kesehatan gigi dan mulut memerlukan upaya pencegahan serta penanganan guna mewujudkan target pemerintah melalui Kementerian Kesehatan RI, yaitu penduduk Indonesia bebas karies pada tahun 2030.

Karies memiliki beberapa faktor penyebab, yaitu *host* (penjamu), agen (mikroflora), substrat (lingkungan), dan waktu. Salah satu penyebabnya, yaitu agen (mikroflora) diantaranya bakteri.³ Karies terjadi bermula dari adanya sisa-sisa makanan dalam rongga mulut yang selanjutnya akan diuraikan oleh bakteri sehingga menghasilkan asam. Asam yang terbentuk menempel pada email menyebabkan demineralisasi akibatnya terjadi karies gigi. Bakteri-bakteri yang

menyebabkan masalah gigi dan mulut yaitu *Streptococcus mutans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Streptococcus sobrinus*, *Lactobacilli*.⁴

Salah satu bakteri oblogat anaerob yaitu, *Porphyromonas gingivalis* yang merupakan bakteri anaerob Gram negatif yang banyak ditemukan di rongga mulut, terutama pada poket periodontal dan plak gigi. *P. gingivalis* telah ditemukan pada saluran akar yang terinfeksi dan telah terdeteksi pada tingkat yang lebih tinggi pada gigi dengan pulpitis ireversibel dibandingkan dengan gigi dengan pulpitis reversibel. Penelitian telah menunjukkan bahwa *P. gingivalis* dapat menyerang dan berkolonisasi di ruang pulpa, yang dapat menyebabkan peradangan dan menyebabkan kerusakan permanen pada jaringan pulpa.^{5,6}

Kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) telah menjadi *gold standard* bahan *pulp-capping* karena dapat merangsang pembentukan dentin reparatif dan bersifat antibakteri.^{7,8,9,10} Beberapa penelitian lainnya melaporkan aplikasi Ca(OH)_2 pada pulpa terbuka membentuk dentin reparatif yang berpori akibat terbentuknya *tunnel defect*.¹¹ *Tunnel defect* dapat berdampak pada kesehatan jaringan pulpa karena bakteri dan produknya dapat berdifusi ke dalam jaringan pulpa dan menyebabkan inflamasi melalui pori atau kebocoran mikro yang berakibat pada kematian pulpa. pH Ca(OH)_2 yang tinggi (12,5-12,8), dapat membunuh sel-sel odontoblast yang ada di sekitarnya dan mengaktifkan apoptosis.¹²

Berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan alternatif bahan yang dapat menggantikan Ca(OH)_2 antara lain dengan memanfaatkan bahan alam dengan efek samping minimum, atau dengan mencampurkan bahan alam dalam sediaan

Ca(OH)₂ untuk mengurangi inflamasi yang terjadi tanpa mengurangi aktivitas antibakterinya.

Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) merupakan tanaman asli Indonesia yang dapat digunakan sebagai obat dan sebagai antioksidan. Kelor diketahui mengandung lebih dari 90 jenis nutrisi berupa vitamin esensial, mineral, asam amino, anti aging, dan antinflamasi. Daun kelor sangat kaya nutrisi, antara lain kalsium, zat besi, protein, Vitamin A, Vitamin B, dan Vitamin C. Kandungan zat besi daun kelor lebih tinggi dibandingkan sayuran lainnya, yaitu 17,2 mg/100 g. Selain itu, daun kelor juga mengandung berbagai asam amino, di antaranya asam amino berupa asam aspartat, asam glutamat, alanin, valin, leusin, isoleusin, histidin, lisin, arginin, fenilalanin, triptofan, sistein, dan metionin.¹³

Sifat anti-inflamasi Daun Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu tumbuhan yang mengandung obat herbal yang memiliki kandungan tanin 1,4%, triterpenoid 5% dan saponin 5% serta mengandung senyawa metabolit sekunder flavonoid, alkaloid, phenols. Kandungan flavonoid pada daun kelor memberikan aktivitas anti-inflamasi yang berfungsi untuk mencegah kekakuan dan nyeri, serta mengurangi rasa sakit saat terjadi pendarahan dan pembengkakan luka. Hasil analisis fitokimia menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak daun kelor berfungsi sebagai insektisida, yaitu alkaloid (3,07%), tannin (9,36%), terpenoid (4,84%), flavonoid (3,56%), dan steroid (3,21%).¹⁴

Kombinasi Kalsium Hidroksida (CaOH)₂ dengan bahan lain sebagai bahan pulp capping sudah pernah diteliti oleh Widjastuti I et al, yang menggabungkan

kalsium hidroksida dengan propolis, yang memiliki kemampuan antiinflamasi dengan menghambat jalur Nf-kB dan sel sitokin pro inflamasi.¹⁵ Diharapkan daun kelor yang dikombinasi dengan kalsium hidroksida dapat mengurangi efek inflamasi dan sitotoksik dari pengaplikasian kalsium hidroksida Ca(OH)_2 sebagai bahan pulp capping sehingga bisa menghasilkan dentin reparatif yang sempurna.

Kitosan (*poly-β-1,4-glucosamine*) merupakan biopolimer alami hasil N-deasetilasi dari kitin. Kitin dapat diperoleh dari hewan *Crustacea*, *Insecta*, *Fungus*, *Mollusca*, dan *Arthropoda*.¹⁶ Departemen Kelautan dan Perikanan memperkirakan bahwa Indonesia memiliki potensi limbah cangkang *Crustacea* yang belum dimanfaatkan sebesar 56.200 ton per tahun.¹⁷ Udang yang termasuk kedalam *crustacea* terbukti menjadi sumber terbaik kitosan dengan derajat deasetilasi (DD) >90%. Kitosan memiliki sifat antibakteri, antifungistatik, biokompatibilitas, biodegradabilitas, toksisitas rendah, serta antierosi pada lapisan gigi.¹⁸ Kitosan sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Kitosan telah menunjukkan aktivitas antimikroba yang tinggi terhadap berbagai patogen pembusuk dan mikroorganisme, termasuk jamur, bakteri gram positif dan gram negatif.¹⁹

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahma Dania, *et al.* pada tahun 2020 mengenai aktivitas antibakteri kitosan terhadap pertumbuhan bakteri *Porphyromonas gingivalis* menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan yang diberikan, maka akan semakin kuat sifat antibakterinya terhadap *Porphyromonas gingivalis*.²⁰ Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Loekito *et al.* pada tahun 2018, menunjukkan bahwa kitosan memiliki sifat antibakteri

terhadap *Porphyromonas gingivalis*. Penelitian ini mengenai pemberian ekstrak kitosan kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*) dengan konsentrasi 0.25%, 0.5% dan 1% menunjukkan peningkatan persentase penghambatan biofilm diikuti dengan peningkatan konsentrasi ekstrak kitosan kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*). Hal ini dapat terjadi karena ekstrak kitosan menghasilkan penghambatan terhadap biofilm *Porphyromonas gingivalis* yang besar seiring peningkatan konsentrasi kitosan.²¹

Penelitian *in vitro* yang dilakukan Maharany Laillyza dkk (2013) pada ekstrak herbal batang pisang mauli, melaporkan aktivitas antibakteri yang baik terhadap bakteri *S.mutans* berada pada persentase 25%.²² Setelah ekstrak batang pisang mauli dicampurkan dengan kalsium hidroksida, aktivitas antibakteri yang baik terhadap bakteri *S.mutans* ditemukan pada konsentrasi 25%, 37.5%, dan 50%. Penelitian lainnya yang dilakukan Widjiastuti dkk. (2019) yang mencampurkan propolis dengan kalsium hidroksida juga melaporkan kombinasi tersebut efektif menurunkan jumlah bakteri (CFU) *F. nucleatum* pada rasio 2 bagian propolis dengan 1 bagian kalsium hidroksida.²³

Penambahan ekstrak daun kelor dan kitosan pada kalsium hidroksida Ca(OH)_2 diharapkan tidak mengurangi efek antibakteri dari kalsium hidroksida, dan sebaliknya diharapkan meningkatkan sifat anti bakteri dan penurunan efek inflamasi.

Oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengombinasikan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida Ca(OH)_2 untuk mencari

tahu aktivitas antibakteri hasil kombinasi kedua bahan tersebut terhadap bakteri *Porphyromonas gingivalis*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

Apakah kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan tidak mengganggu aktivitas antibakteri pada kalsium hidroksida terhadap bakteri *Porphyromonas gingivalis* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui aktivitas antibakteri dari berbagai konsentrasi kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida Ca(OH)_2 dengan terhadap bakteri *Porphyromonas gingivalis*.

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk menghitung diameter zona hambat bakteri *Porphyromonas gingivalis* setelah pemberian kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida pada perbandingan konsentrasi 1:1.
- b. Untuk menghitung diameter zona hambat bakteri *Porphyromonas gingivalis* setelah pemberian kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida pada perbandingan konsentrasi 1,5:1.

- c. Untuk menghitung diameter zona hambat bakteri *Porphyromonas gingivalis* setelah pemberian kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida pada perbandingan konsentrasi 2:1.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Umum

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dan informasi tentang aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida sebagai alternatif bahan *pulp capping*.

2. Manfaat Khusus

- a. Memberikan informasi pengetahuan di bidang konservasi gigi mengenai aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida terhadap bakteri *Porphyromonas gingivalis*.
- b. Menjadi dasar ilmiah untuk penelitian lebih lanjut mengenai aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan dengan kalsium hidroksida terhadap bakteri *Porphyromonas gingivalis*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Terjadinya Karies

Karies gigi biasanya dimulai pada dan di bawah permukaan enamel (demineralisasi awal adalah di bawah permukaan), dan merupakan hasil dari proses di mana struktur kristal mineral gigi mengalami demineralisasi oleh asam organik yang dihasilkan oleh bakteri biofilm dari metabolisme makanan. karbohidrat yang dapat difermentasi, terutama gula. Meskipun berbagai macam asam organik dapat dihasilkan oleh mikroorganisme biofilm gigi, asam laktat adalah produk akhir utama dari metabolisme gula dan dianggap sebagai asam utama yang terlibat dalam pembentukan karies. Saat asam terbentuk dalam fase cair biofilm, pH turun ke titik di mana kondisi pada antarmuka biofilm-enamel menjadi kurang jenuh, dan asam sebagian demineralisasi lapisan permukaan gigi. Hilangnya mineral menyebabkan peningkatan porositas, pelebaran ruang antara kristal enamel dan pelunakan permukaan, yang memungkinkan asam berdifusi lebih dalam ke dalam gigi sehingga terjadi demineralisasi mineral di bawah permukaan (demineralisasi bawah permukaan). Penumpukan produk reaksi, terutama kalsium dan fosfat, dari pembubaran permukaan dan bawah permukaan meningkatkan derajat kejenuhan dan sebagian dapat melindungi lapisan permukaan dari demineralisasi lebih lanjut. Selain itu, keberadaan fluorida dapat menghambat demineralisasi lapisan permukaan. Setelah gula dibersihkan dari mulut dengan menelan dan pengenceran air liur, asam biofilm dapat dinetralkan oleh aksi penyangga air liur. pH cairan

biofilm kembali ke netralitas dan menjadi cukup jenuh dengan ion kalsium, fosfat, dan fluorida sehingga demineralisasi berhenti dan pengendapan ulang mineral (remineralisasi) lebih disukai. Karena sifat dinamis dari proses penyakit, tahap awal (subklinis) karies dapat dibalik atau dihentikan terutama dengan adanya fluoride.²⁴

Ketika demineralisasi berlanjut ke bawah permukaan enamel dan dentin dalam kasus karies akar, dengan tantangan asam dan penurunan pH yang terus berlanjut, tingkat kehilangan mineral menjadi lebih besar di bawah permukaan daripada di permukaan, menghasilkan pembentukan lesi di bawah permukaan. . Ketika mineral yang hilang cukup, lesi muncul secara klinis sebagai bercak putih. Pada tahap perkembangan ini, karies tahap awal (kode ICDAS 1 dan 2) mengalami demineralisasi.²⁴

Jika proses karies berkembang lebih jauh, porositas permukaan meningkat dengan pembentukan kavitas mikro pada enamel (kode ICDAS 3) atau, pada karies akar, pelunakan progresif lapisan dentin permukaan. Pada karies mahkota gigi, lapisan permukaan lesi pada akhirnya dapat kolaps, menghasilkan kavitas fisik (lubang makroskopis — kode ICDAS 5 atau 6). Bahkan pada tahap keparahan karies yang lebih luas ini, lesi mungkin dalam keadaan optimal masih berhenti, meskipun rongga penahan biofilm akan tetap ada. Ketika tahap ireversibel luas lesi tercapai (biasanya, di sebagian besar negara maju, pada kode ICDAS 5 dan 6), dikombinasikan dengan gejala dan/atau pertimbangan kebutuhan fungsional atau estetika pasien, intervensi operatif diindikasikan. Jika proses karies berlanjut, pada akhirnya pulpa gigi akan terganggu dan perawatan saluran akar atau pencabutan gigi akan diperlukan.²⁴

2.2 Trauma Pada Gigi

Traumatic Dental Injury (TDIs) merupakan salah satu motif utama konsultasi medis dalam kedokteran gigi. Meskipun daerah mulut hanya terdiri dari 1% dari seluruh tubuh, namun menyumbang 5% dari semua cedera fisik. Selain cedera jaringan lunak wajah dan patah tulang wajah, trauma gigi merupakan salah satu cedera yang paling sering terjadi pada daerah kraniomaksilofasial. Sebuah studi terbaru menganalisis 232 studi internasional yang diterbitkan antara tahun 1996 dan 2016. Hasilnya menunjukkan bahwa lebih dari satu miliar orang terkena trauma gigi di seluruh dunia.²⁵

Fraktur mahkota gigi adalah salah satu cedera gigi permanen yang paling umum pada trauma gigi, terhitung hingga 50% dari cedera yang diderita. Fraktur ini terutama mempengaruhi enamel gigi dan dentin. Pulpa terbuka sekitar 25% dari semua fraktur mahkota.²⁴ Cedera gigi terutama melibatkan gigi depan rahang atas. Penyebab paling sering dari cedera ini adalah jatuh, aktivitas olahraga, bersepeda, kecelakaan traumatis. Faktor predisposisi trauma gigi dapat dikaitkan dengan fitur anatomi seseorang: overjet yang meningkat, cakupan bibir yang tidak memadai pada gigi anterior atas, dll. Selain itu, cedera dislokasi secara bersamaan mengurangi kapasitas regeneratif pulpa karena gangguan suplai darah pulpa. Fraktur mahkota dengan pulpa terbuka biasanya memerlukan perawatan segera. Tujuan dari perawatan ini adalah untuk mempertahankan pulpa yang vital dan tidak meradang, untuk mencegah infeksi, dan untuk membuat penutup kedap air secara permanen terhadap lingkungan mulut dengan restorasi yang sesuai. Kemampuan

segel restorasi untuk mencegah masuknya bakteri lebih penting untuk keberhasilan perawatan daripada pemilihan bahan *sealer*.²⁶

2.3 Pulp Capping

Pulp capping digunakan untuk mempertahankan vitalitas pulpa kompleks dan menginduksi sel pulpa untuk membentuk jaringan keras dentin reparative.²⁷ Material pulp capping diletakkan atau menutup sebagai lapisan pelindung pada dentin yang terbuka pada pulpa vital setelah ekskavasi pada karies dalam atau setelah terpapar akibat trauma. Biomaterial pelindung harus memiliki sifat biokompatibel, biointeraktif (secara biologi melepaskan ion), dan bioaktif (kemampuan membentuk apatit) untuk mengaktifkan sel pulpa dan pembentukan dentin reparatif. Pulp capping terbagi 2 yaitu: 1) Pulp Capping direk, dilakukan ketika pulpa terekspose oleh karena trauma atau iatrogenic seperti paparan yang tidak disengaja selama preparasi gigi atau saat ekskavasi karies. Prosedur ini biasanya menyebabkan perdarahan pulpa yang kemudian diikuti dengan menutup menggunakan cara tertentu untuk menjaga kesehatan, fungsi dan vitalitas pulpa. 2) Pulp Capping indirek digunakan pada preparasi kavitas yang dalam yang berada di dekat pulpa tetapi tidak terbuka. Pulp Capping indirek diindikasikan untuk gigi permanen dengan diagnosis pulpa normal dengan tidak ada tanda dan gejala pulpitis, atau gigi dengan diagnosis pulpitis reversibel. Kalsium hidroksida merupakan material yang dianggap sebagai “*gold standart*” dan paling umum digunakan. Hal disebabkan karena kemampuannya untuk berdisosiasi menjadi ion kalsium dan hidroksil, pH yang tinggi, sifat antibakteri, dan kemampuan untuk merangsang odontoblas dan sel pulpa lainnya untuk membentuk dentin reparatif.^{7,28,29}

2.3.1 Kalsium Hidroksida

Kalsium hidroksida diperkenalkan sebagai material kedokteran gigi oleh Hermann pada tahun 1921.²⁹ Kalsium hidroksida pertama kali diperkenalkan pada tahun 1930 oleh Hermann dan sejak saat itu penggunaannya dalam terapi endodontik semakin meningkat. Kalsium hidroksida adalah bubuk putih tidak berbau dan memiliki rumus kimia Ca(OH)_2 yang dapat terdisosiasi menjadi ion kalsium dan hidroksil.³⁰ Kalsium hidroksida telah lama dianggap sebagai gold standard sebagai bahan pulp capping karena memiliki sifat antibakteri yang baik, sitotoksisitas rendah, dapat menjaga vitalitas pulpa, menstimulasi pembentukan jembatan dentin, dan membantu menetralkan serangan asam anorganik dari bahan restoratif.^{29,31,32} Kalsium hidroksida bekerja dengan cara melepaskan ion Ca^{2+} dan ion hidroksil (OH^-). Kalsium hidroksida melepaskan ion Ca^{2+} yang berfungsi memediasi proses mineralisasi. Ion hidroksil (OH^-) berperan meningkatkan pH hingga 12-13 yang berperan sebagai antibakteri dengan menyebabkan kerusakan pada membran sitoplasma dan DNA bakteri.¹²

Kalsium hidroksida memiliki beberapa kekurangan yaitu menyebabkan nekrosis likuifaksi pada lapisan superfisial pulpa yang memicu nekrosis koagulatif pada area antara lapisan pulpa nekrosis dan pulpa vital. Kalsium hidroksida mudah larut dalam cairan di rongga mulut, kurangnya perlekatan dengan dentin sehingga struktur dentin reparatif tidak teratur, dan berpotensi menyebabkan *tunnel defects*.^{15,29,31,33} Sifat basa serta mudah larut dalam cairan di rongga mulut pada kalsium hidroksida akan menyebabkan nekrosis pada pulpa yang kemudian pada proses pembentukan dentin reparatif akan terjadi diskontinuitas jembatan dentin pada area nekrosis yang disebut "*tunnel defects*".

Porositas yang terbentuk pada jembatan dentin (*tunnel defects*) akan memberikan jalan bagi bakteri untuk berpenetrasi ke dalam pulpa yang menyebabkan iritasi pada pulpa sehingga akan memperparah proses inflamasi pada pulpa.³³

Jaringan yang berkontak dengan pasta kalsium hidroksida menjadi alkalis karena Ca(OH)_2 merupakan basa kuat dengan pH yang tinggi yaitu sekitar 12,5-12,8. Ca(OH)_2 juga dapat mengaktifkan Adenosine Triphosphate (ATP) yang dapat mempercepat mineralisasi tulang dan dentin, serta TGF- β yang memiliki peran penting pada biomineralisasi.³⁴ Kondisi basa tersebut juga berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri dengan menghidrolisis lemak pada lapisan polisakarida (LPS) dinding sel bakteri, serta merusak membran sitoplasma bakteri yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein dan menghambat proses replikasi DNA. Hasil uji sitotoksitas yang dikutip dari Sakaguchi dan Powers (2012), menuliskan bahwa tidak ada reaksi toksik antara kalsium hidroksida dengan kultur sel fibroblast ligamen periodontal. Kalsium hidroksida diindikasikan pada perawatan pulp-capping untuk menginduksi pembentukan jembatan dentin, perawatan apeksifikasi pada gigi permanen, perawatan lesi periapikal dan adanya resorpsi akar, serta sebagai material sterilisasi antar kunjungan pada perawatan saluran akar.³⁴

Penempatan Ca(OH)_2 untuk jangka waktu yang lama, memperlihatkan adanya *tunnel defect* pada 89% dari dentinal bridge, kegagalan dalam menutup dengan baik dan infeksi pada pulpa. Setelah 6 bulan sebagian besar bahan capping Ca(OH)_2 terurai dan larut.^{7,34} Kalsium hidroksida mempengaruhi perbaikan pulpa dengan beberapa aksi. Ca(OH)_2 memiliki sifat antibakteri yang dapat meminimalkan dan menghilangkan penetrasi bakteri yang masuk dalam pulpa.

2.4 Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Moringa oleifera banyak dikenal masyarakat dengan sebutan daun kelor. Bagian tanaman yang sering dipakai adalah daun, baik untuk sayur atau untuk terapi herbal secara empiris. Daun kelor yang dikenal sebagai sayur-sayuran juga mempunyai banyak manfaat dan terbukti ampuh mengatasi berbagai penyakit diantaranya diabetes, hepatitis, jantung dan kolestrol tinggi. Berbagai riset ilmiah membuktikan bahwa daun kelor mengandung sejumlah senyawa aktif dan memiliki kandungan nutrisi paling lengkap dibanding dengan tumbuhan jenis apapun. *Moringa oleifera* kaya akan β -karoten, vitamin C, vitamin E, polifenol. Beberapa penelitian melaporkan pengguna daun kelor ini dapat meningkatkan fungsi biologis diantaranya antiinflamasi, antikanker, hepatoprotektif dan neuroprotektif. Daun kelor ini satu tanaman yang telah dibuktikan memiliki aktivitas sebagai antiinflamasi.^{35,36,37}

2.4.1 Definisi dan morfologi Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia, tanaman ini tidak mengenal musim dan dapat tumbuh dalam berbagai iklim, mampu tumbuh di berbagai jenis tanah, tidak memerlukan perawatan yang intensif dan mudah dikembangbiakkan. Tanaman kelor ini disebut *Moringa pterygosperma*, pada beberapa negara kelor dikenal dengan sebutan benzolive, drumstick tree, kelor, marango, mlonge, mulangay, nebeday, sajihan dan sajna dikenal sebagai pohon kehidupan.^{38,39} Selama ribuan tahun, telah dibudidayakan secara luas untuk nilai industri dan pengobatannya. Semua bagian dari tanaman kelor memiliki kandungan gizi, berkhasiat untuk

kesehatan dan manfaat di bidang industri. Hampir seluruh bagian tanaman telah dimanfaatkan dalam pengobatan rumahan dan pengobatan tradisional.⁴⁰

Kelor (*Moringa oleifera*) adalah tanaman yang kaya nutrisi dan sering disebut miracle tree dikarenakan semua bagian tumbuhan kelor sangat bermanfaat bagi kehidupan masyarakat. Kandungan nutrisi tersebar pada seluruh bagian tanaman kelor, mulai dari daun, kulit batang, bunga, buah (polong), biji, sampai akarnya dan sudah dikenal luas sebagai tumbuhan obat.^{39,40,41}

2.4.2 Taksonomi Klasifikasi Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Menurut Integrated Taxonomic Information System (2017), klasifikasi tanaman kelor sebagai berikut:⁴²

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Spermatophyta*

Subdivisi : *Angiospermae*

Klas : *Dicotyledoneae*

Ordo : *Brassicales*

Familia : *Moringaceae*

Genus : *Moringa*

Spesies : *Moringa oleifera* L.

2.4.3 Kandungan Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Hasil penelitian yang pernah dilakukan, 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.⁴²

Daun kelor mengandung banyak senyawa yang bersifat antibakteri seperti flavonoid, alkaloid, triterpenoid, dan saponin. Flavonoid berfungsi sebagai antioksidan yang mampu menjaga terjadinya oksidasi sel tubuh. Flavonoid menyebabkan terjadinya kerusakan permeabilitas dinding sel bakteri, mikrosom, dan lisosom sebagai hasil interaksi antara flavonoid dengan DNA bakteri. 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.⁴²

2.4.4 Antiinflamasi Daun Kelor

Daun kelor memiliki kandungan senyawa kimia seperti alkaloid, flavonoid, fenolat, triterpenoid/ steroid, dan tanin yang berfungsi sebagai obat kanker dan antibakteri. Penggunaan daun kelor sering diformulasikan dalam sediaan farmasi. Daun kelor berpotensi sebagai bahan baku dalam industri kosmetik, obat-obatan dan minuman probiotik untuk kesehatan, atau ditambahkan dalam pangan sebagai fortifikan (zat gizi) untuk memperkaya gizinya. Senyawa metabolit sekunder pada daun kelor dapat diperoleh dengan cara ekstraksi.⁴³

Beragam manfaat dapat diperoleh dari ekstrak daun kelor. Salah satunya yaitu untuk pengobatan penyakit kuning dengan meminum ramuan daun kelor

yang ditumbuk halus, ditambah air kelapa, disaring, dan ditambahkan madu. Dari hasil penelitian Alverina *et al* mengemukakan bahwa vitamin C juga terkandung di dalam daun kelor yaitu 220mg/100g daun. Hal ini menunjukkan bahwa daun kelor memiliki kandungan vitamin C lebih banyak dibandingkan daun lainnya seperti daun pepaya yang memiliki kandungan vitamin C 61,8mg/100mg daun dan daun kenikir yang memiliki kandungan vitamin C 64,6mg/100g daun.⁴³

Ekstrak air daun kelor memberikan aktivitas antiinflamasi secara invitro dengan mekanisme penurunan kadar TNF- α melalui penghambatan NF-kB (Nuclear Factor Kappa B). Kandungan senyawaflavonoid dalam daun kelor diduga sebagai senyawa yang memberikan aktivitas antiinflamasi dengan menghambat aktivitas enzim siklooksigenase. Kuersetin yang merupakan golongan flavonoid merupakan komponen bioaktif utama kelor yang memiliki mekanisme sebagai antiinflamasi. Penelitian menunjukkan kuersetin dapat menghambat ekspresi COX-2. Aktivitas penghambatan COX-2 oleh kuersetin disebabkan oleh gugus 3'4' OH pada cincin B. Mekanisme kerja ekstrak etanol daun kelor dalam menghambat ekspresi COX-2 menyebabkan asam arakhidonat tidak berubah menjadi prostaglandin endoperoksida siklik. Prostaglandin endoperoksida siklik merupakan prazat untuk semua prostaglandin sehingga biosintesis prostaglandin terhenti. Prostaglandin berfungsi untuk meningkatkan permeabilitas pembuluh darah yang menyebabkan udem dan kemotaksis neutrofil. Dengan demikian penghambatan terhadap aktivitas enzim siklooksigenase oleh ekstrak etanol daun kelor akan menurunkan volume udem dan ekspresi COX-2 melalui neutrofil.^{44,45}

2.5 Kitosan

Kitosan adalah *poli-(2-amino-2-deksi- β -(1-4)-D-glukopiranos)* dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$ yang dapat diperoleh dari deasetilasi kitin. Kitosan memiliki sifat antibakteri, antifungistatik, biokompatibilitas, biodegradabilitas, toksisitas rendah, serta antierosi pada lapisan gigi.²⁷ Peningkatan ekspor udang yang cukup signifikan (BPS diolah Ditjen PDS - KKP). Ekspor udang semakin meningkat tiap tahunnya mengakibatkan banyaknya limbah kulit udang di Indonesia. Berbagai bahan restorasi seperti semen ionomer kaca, komposit, dan bahan adhesif gigi dapat ditambahkan kitosan untuk meningkatkan sifat antimikroba dan adhesi pada struktur gigi.⁴⁶

2.5.1 Kandungan Kitosan

Komposisi kitosan terdiri atas karbon, hidrogen, dan nitrogen serta dapat larut dalam pelarut asam seperti asam asetat, asam formiat, asam laktat, asam sitrat dan asam hidroklorat. Kitosan tidak larut dalam air, alkali dan asam mineral encer kecuali di bawah kondisi tertentu yaitu dengan adanya sejumlah pelarut asam sehingga dapat larut dalam air, methanol, aseton dan campuran lainnya. Kelarutan kitosan dipengaruhi oleh bobot molekul dan derajat deasetilasi. komposisi kimia kitosan adalah 40,30% karbon; 5,83% hidrogen dan 6,35% nitrogen.¹⁹

Berdasarkan viskositasnya, berat molekul kitosan terdiri atas tiga yaitu kitosan bermolekul rendah, kitosan bermolekul sedang dan kitosan bermolekul tinggi. Kitosan bermolekul rendah berat molekulnya dibawah 400.000 Mv dan kitosan bermolekul sedang berat molekulnya berkisar 400.000-800.000 Mv, didapat dari hewan laut seperti cangkang atau yang berkulit lunak misalnya

udang, cumi-cumi dan rajungan. Kitosan bermolekul tinggi berat molekulnya berkisar 800.000-1.100.000 Mv biasanya didapat dari hewan laut bercangkang keras seperti kepiting, kerang dan blangkas.¹⁹

2.5.2 Kitosan Sebagai Anti-Bakteri

Multiguna kitosan tidak terlepas dari sifat alaminya, terutama sifat kimianya yaitu polimer poliamin berbentuk linear dan mempunyai gugus amino dan hidroksil yang aktif. Kitosan banyak digunakan di bidang industri dan bidang kesehatan karena memiliki kualitas kimia dan biologi yang sangat baik. Penggunaan kitosan di bidang kedokteran gigi sebagai biomaterial antara lain: antibakterial, dressing, penyembuh luka atau regenerasi tulang, dan memperbaiki sifat-sifat material kedokteran gigi.⁴⁷

Beberapa penelitian mengenai antibakterial kitosan menyatakan bahwa kitosan sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Kitosan telah menunjukkan aktivitas antimikroba yang tinggi terhadap berbagai patogen pembusuk dan mikroorganisme, termasuk jamur, bakteri gram positif dan gram negatif. Kitosan sebagai antimikroba dipengaruhi oleh faktor-faktor intrinsik seperti jenis kitosan, derajat polimerisasi kitosan sedangkan faktor-faktor ekstrinsik seperti organisme mikroba, kondisi lingkungan dan adanya komponen lainnya.⁴⁷

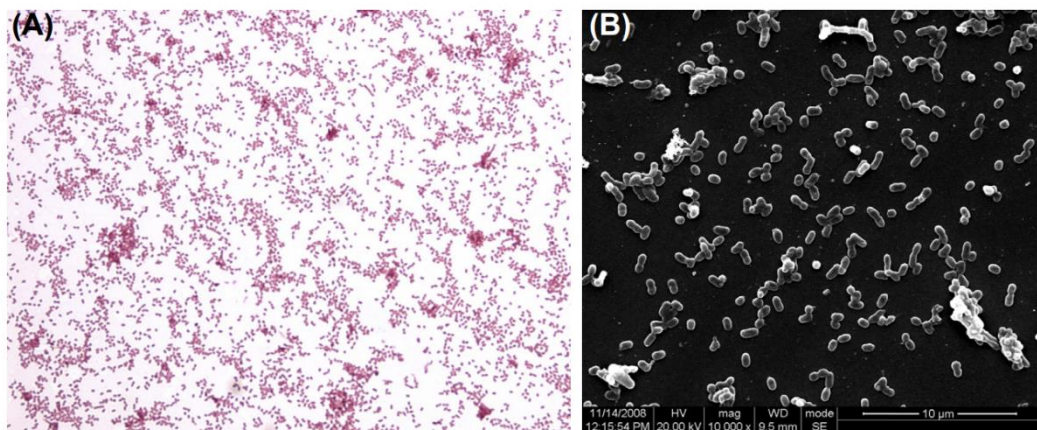
2.6 Bakteri *Porphyromonas gingivalis*

Porphyromonas merupakan bakteri anaerob obligat dengan suhu pertumbuhan optimal 37°C. Pada cawan agar darah, mereka dapat membentuk koloni berdiameter 1–3 mm yang berbentuk pro tuberant, berkilau, dan

permukaannya halus (sangat sedikit yang permukaannya kasar). Kandungan DNA GC-nya adalah 46–48%. Tipe strainnya adalah ATCC33277.⁴⁸

P. gingivalis merupakan bakteri anaerob obligat gram negatif yang tidak membentuk spora dan menghasilkan melanin. Peptidoglikan dari dinding selnya mengandung lisin, sedangkan kuinon respirasinya utama memiliki sembilan unit isoprena dari metil naftalena kuinon tak jenuh.⁴⁸

Sebagai anaerob obligat, hemoglobin terklorinasi dan vitamin K1 diperlukan dalam media pertumbuhan. Hemoglobin adalah produk utama porfirin. Ketika ditumbuhkan dalam media BM atau PYG, asam terminal utama yang dihasilkan oleh *P. gingivalis* adalah asam butirat dan asam asetat, dengan sejumlah kecil asam propionat, asam isobutirat, isoamil propionat, dan asam fenilasetat juga dihasilkan.⁴⁸



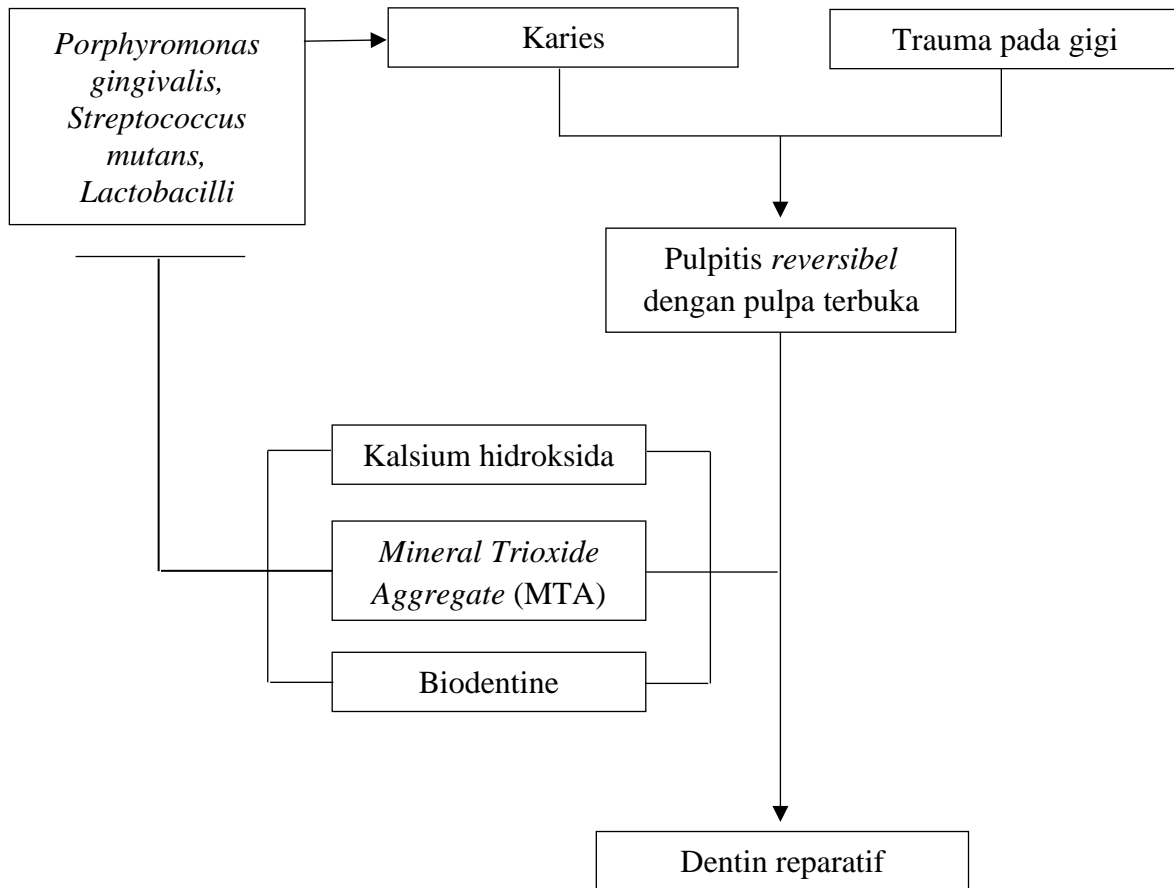
Gambar 2.6 Bakteri *Porphyromonas gingivalis* A. Pewarnaan gram, B. Gambaran SEM (Zhou X, Li Y. Atlas of oral microbiology from health microfloral to disease. Oxford: Elsevier; 2015. p. 92.)

P. gingivalis menghasilkan indol, tidak menghasilkan alfa fucosidase, tidak mereduksi nitrat menjadi nitrit, serta tidak menghidrolisis esculin dan pati. Tes sel positif untuk MDH dan glutamat dehidrogenase, negatif untuk glukosa fosfat dehidrogenase, dan glukosa 6-fosfat garam dehidrogenase asam. Karakteristik enzimatik ini, serta kemampuannya untuk menghasilkan asam asetat, merupakan ciri penting yang membedakan *P. gingivalis* dari bakteri lain yang secara morfologi serupa.⁴⁸

BAB III

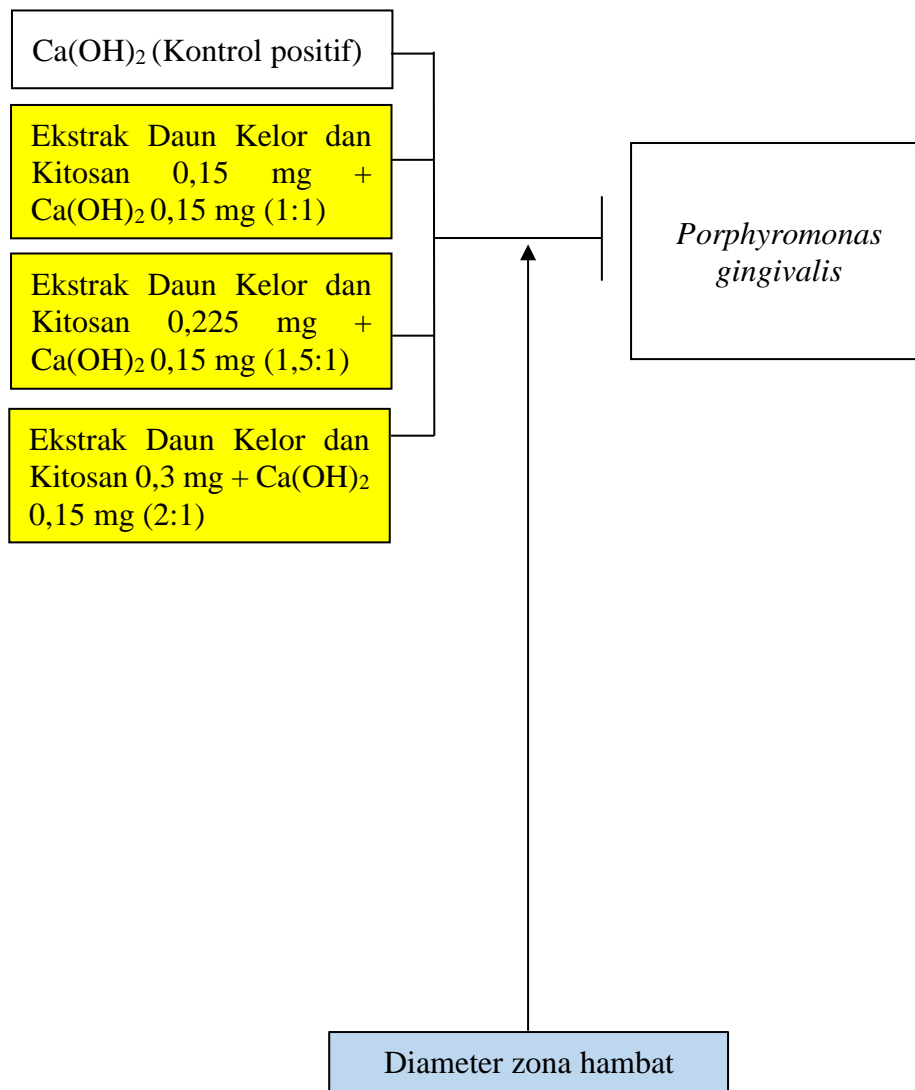
KERANGKA TEORI DAN KONSEP

3.1 Kerangka Teori



Gambar 3.1. Bagan kerangka teori

3.2 Kerangka Konsep



 : Variabel independen

 : Variabel dependen

Gambar 3.2. Bagan kerangka konsep

3.3 Hipotesis

H_0 = Kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan pada kalsium hidroksida tidak mengganggu aktivitas antibakteri terhadap *Porphyromonas gingivalis*.

H_1 = Kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan kitosan pada kalsium hidroksida meningkatkan aktivitas antibakteri secara signifikan terhadap *Porphyromonas gingivalis*.