

**Uji Mikroporositas Dan Kekerasan Mikro Dentin Saluran Akar
Setelah Aplikasi Ekstrak Alga Coklat (*Sargassum sp.*)**

TESIS



oleh:

Chandra Firdaus

J025191005

Pembimbing:

- 1. Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG(K)**
- 2. drg. Christine Anastasia Rovani, Sp.KG(K)**

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI KONSERVASI GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2022

PENGESAHAN TESIS

Uji Mikroporositas Dan Kekerasan Mikro Dentin Saluran Akar
Setelah Aplikasi Ekstrak Alga Coklat (*Sargassum sp.*)

Diajukan oleh

CHANDRA FIRDAUS

J025191005

Telah disetujui,

Makassar, 25 Juli 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG(K) drg. Christine A. Rovani, Sp.KG(K)
NIP. 19760327 200212 1 001 NIP. 19800901 200812 2 002

Ketua Program Studi
Pendidikan Dokter Gigi Spesialis
Konservasi Gigi

Dekan
Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hasanuddin

drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp. KG(K)
NIP. 19640518 199103 2 001

Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp. Pros(K)
NIP. 19631104 199401 1 001

TELAH DIUJI OLEH PANITIA PENGUJI TESIS

PADA TANGGAL 29 JUNI 2022

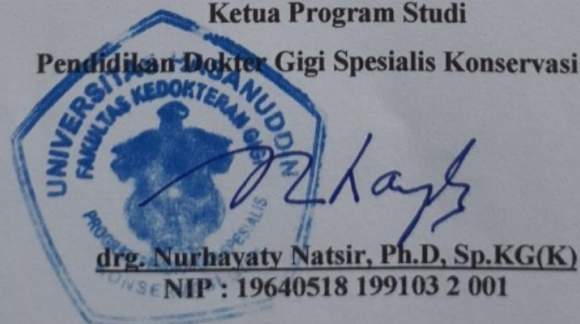
PANITIA PENGUJI TESIS:

Ketua : Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG(K)
Anggota : drg. Christine A. Rovani, Sp.KG(K)
drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp.KG(K)
Dr. drg. Juni Jekti Nugroho, Sp.KG(K)
Prof. Dr. drg. Irene Edith Riuewpassa, M.Si

Mengetahui

Ketua Program Studi

Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi



drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp.KG(K)
NIP : 19640518 199103 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang Bertanda tangan di bawa ini :

Nama : drg. Chandra Firdaus
NIM : J025191005
Program Studi : Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini merupakan karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi dari perbuatan tersebut.

Makassar, 25 Juli 2022



drg. Chandra Firdaus

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul **“Uji Mikroporositas Dan Kekerasan Mikro Dentin Saluran Akar Setelah Aplikasi Ekstrak Alga Coklat (*Sargassum sp.*)**

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. **Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp.Pros(K)** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin beserta seluruh pimpinan fakultas atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi Universitas Hasanuddin Makassar.
2. **Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG (K)** selaku Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam memberikan arahan, masukan serta dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.
3. **drg. Christine Anastasia Rovani, Sp.KG (K)** selaku Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam memberikan arahan, masukan serta dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.
4. **drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp.KG (K)** selaku Ketua Program Studi PPDGS Konservasi Gigi FKG Unhas serta sebagai dosen dan penguji yang

telah bersedia memberikan bimbingan, saran dan koreksi terhadap hasil penelitian ini.

5. **Dr. drg. Juni Jekti Nugroho, Sp.KG (K)** selaku Kepala Departemen Konservasi FKG Unhas, sebagai Penasehat Akademik serta sebagai dosen dan penguji yang telah bersedia memberikan bimbingan, saran dan koreksi terhadap tesis saya.
6. **drg. Noor Hikmah, Sp.KG** sebagai dosen yang selalu memberikan ilmu, bimbingan dan masukan selama Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi.
7. **drg. Wahyuni Suci Dwiandhany, Ph.D, Sp.KG (K)** sebagai dosen yang selalu memberikan ilmu, bimbingan dan masukan dan ikut membantu dalam penyelesaian tesis saya selama Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi.
8. **drg. Andi Tajrin, M.Kes, SpBM (K)** selaku Direktur RSGMP Unhas beserta seluruh Direksi dan manajemen atas kesempatan yang diberikan di wahana pendidikan RSGMP Unhas.
9. Seluruh staf dosen Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi FKG Unhas yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan pengetahuan selama menempuh pendidikan.
10. Seluruh staf tenaga kependidikan fakultas beserta perawat dan pegawai RSGMP atas bantuan dan kerjasamanya selama saya menempuh pendidikan.

11. Seluruh staf Laboratorium Terpadu FKG Unhas, Laboratorium Sekolah Tinggi Farmasi dan Laboratorium Metalurgi Fisik Fakultas Teknik Unhas yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini.
12. Sejawat saya senior dan junior residen Konservasi Gigi yang telah banyak membantu selama proses keresidenan ini beserta seluruh sejawat residen PPDGS FKG Unhas.
13. Sahabat-sahabat seperjuangan Residen Konservasi Gigi “*Lambe Turah No Secret*” Angkatan 2019; Muthmainnah ‘**Inna**’ Majaya, Sulton **Rahmi**, Harmiyati ‘**Ammi**’ Gappar, Murniati ‘**Murni**’ Muhiddin, St. Asmaul ‘**Ka Cem**’ Husna, Mustakim Mustofa ‘**Kanda Mustok**’, Musthika ‘**Thika**’ Jathiasih, Warni ‘**Nini**’ Eka Muthia, Sartika ‘**Ka Tika**’ Rombelayuk, Nurvita ‘**Vita**’ Titi Ikawati, dan Esfandiary ‘**Kanda Ari**’. Terima kasih segala kebersamaan, kekompakan, suka dan duka yang kita lalui bersama selama ini. Semoga persahabatan ini abadi selamanya.
14. Sahabat-sahabatku Angkatan ’2002 FKG Unhas **Oral Recident**, Ucapan terima kasih yang tak terhingga secara khusus kepada:
 - a. Istri tercinta **dr. Handayani sriwardhani Sp.THT.(KL). M.Kes** beserta anak-anakku **Canina Auris Chandra, Aisyah Fakhira Chandra, Alfa Rezqy Zabran Chandra** terima kasih atas segala doa, dukungan dan kesabaran kalian selama saya menempuh pendidikan. InsyaAllah setelah ini kita semua bisa berkumpul kembali.
 - b. Kedua orangtua saya yang luarbiasa; Ayahanda Alm **H. Kamaluddin Rani SE.MM** dan Ibunda **Hj. Rosdiana** tercinta yang tak pernah berhenti

mendoakan dan memberikan dukungan moril maupun materil selama penulis menjalani proses pendidikan.

- c. Bapak mertua **alm. Drs .Basir puly** dan Ibu mertua **Almh. Sari Bunga**, semoga Allah merahmati keduanya.
- d. Saudara-saudariku tersayang; **Rizal Rani .S.Stp, Msi** dan **Indrawati Rani S.Stp, M.Si, Wahyuddin Rani S.stp, MH**, beserta ponakan-ponakanku. Terimakasih atas segala doa dan dukungannya kepada penulis selama ini baik moril maupun materi.

Penulisan tesis ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan oleh karenanya penulis memohon maaf atas segala kekurangan dan keterbatasan dari penulis. Akhir kata, semoga penulisan tesis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya dibidang Kedokteran Gigi.

Wabillahi Taufiq wal Hidayah

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

Chandra Firdaus : Uji Mikroporositas dan Kekerasan Dentin Saluran Akar Setelah Aplikasi Ekstrak Alga Coklat (*Sargassum Sp.*) Dibimbing oleh . **Aries Chandra Trilaksana** dan **Christine Anastasia Rovani**.

Tujuan Penelitian untuk mengetahui mikroporositas dan kekerasan dentin saluran akar setelah alga aplikasi ekstrak coklat (*Sargassum sp*) 100%. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan desain *quasi laboratory experiment*. Ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) di buat dengan teknik maserasi. Sampel yaitu gigi premolar yang utuh, berakar tunggal tidak bengkok dan apeks sudah terbentuk sempurna sebanyak delapan setiap kelompoknya. Dibagi menjadi tiga kelompok ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*), Kalsium Hidroksida, dan akuades. Sampel dipreparasi dilakukan *cleaning* dan *shaping*, kelompok 1 diaplikasika, kalsium hidroksida, akuades ekstrak alga coklat 100 % didiamkan selama dua minggu. Setelah dua minggu gigi di irigasi, akuades, saluran akar dibagi dua secara longitudinal kemudian ditanam di akrilik. Setiap sampel akan diukur mikroporositas dentin dan kekerasan mikrodentin dengan alat *Confocal laser scanning microscopy* (CLSM) dan *Vickers Hardness Number* (VHN) .

Kesimpulan :Hasil pengolahan data menggunakan SPSS, memberikan hasil tidak ada perbedaan signifikan nilai mikroporositas dentin dan kekerasan mikro dentin saluran akar antara tiga kelompok percobaan ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*). Kalsium hidroksida, Akuades. Kekerasan mikrodentin setelah aplikasi ekstrak alga coklat(*Sargassum sp.*) dibandingkan akuades ternyata lebih rendah, walaupun tidak signifikan secara statistik. Mikroporositas dentin saluran akar setelah aplikasi ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*)lebih rendah di bandingkan akuades. Namun tidak signifikan secara statistik.

Kata Kunci: ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*), mikroporositas dan kekerasan mikro dentin saluran akar.

DAFTAR ISI	
HALAMAN SAMPUL	I
DAFTAR ISI	ii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Medikamen Saluran Akar.....	4
2.2. Kalsium Hidroksida.....	5
2.3. Struktur Dentin.....	7
2.4. Sifat Mekanis Dentin.....	9
2.5. Alga Coklat (<i>Sargassum Sp</i>)	10
2.6. Uji Kekerasan Dentin	16
2.7. Uji Mikroporositas Dentin.....	17
BAB III KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP	19
3.1. Kerangka Teori.....	19
3.2. Kerangka Konsep.....	20
3.3. Hipotesis Penelitian.....	20

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian	21
4.2. Rancangan Penelitian.....	21
4.3. Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
4.4. Variabel penelitian.....	21
4.5. Sampel.....	21
4.6. Kriteria Sampel.....	23
4.7. Definisi Operasional.....	23
4.8. Alat Dan Bahan penelitian.....	24
4.9. Alat Ukur	25
4.10. Jenis Data	26
4.11. Prosedur Kerja	26
4.12. Alur Penelitian	30
5. BAB V HASIL PENELITIAN	31
6. BAB VI PEMBAHASAN	40
7. BAB VII PENUTUP	45

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Keberhasilan perawatan endodontik sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah prosedur disinfeksi. Pemberian medikamen adalah salah satu prosedur desinfeksi yang merupakan tahapan penting dalam mengeliminasi mikroorganisme dan sebagai *barrier* untuk mencegah reinfeksi bakteri dan saliva antar kunjungan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan NaOCL sebagai bahan larutan irigasi masih menyisahkan bakteri dalam saluran akar sehingga pemberian medikamen dapat membantu desinfeksi saluran akar sebelum obturasi. (Siquera, 2011)

Salah satu medikamen intrakanal yang memiliki efek terapeutik dan biologis pada pulpa gigi yang terinflamasi adalah kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida terbukti memiliki efek antimikroba dan anti inflamasi. Namun, dapat mempengaruhi nilai kekerasan mikrodentin jika berkontak lama dalam dinding saluran akar (Kusuma, Mulyawati & Nugraheni, 2013). Oleh karena itu, penelitian menggunakan bahan alam terus dikembangkan untuk menemukan alternatif bahan yang efektif dengan efek samping minimal.

Dentin merupakan jaringan keras gigi yang terdiri dari tubulus dentinalis dan dikelilingi oleh kolagen termineralisasi. Dentin terdiri dari 70% bahan inorganik dan 20% organik. Struktur inorganik terdiri dari kristal apatit yang serupa dengan kolagen pada tulang tetapi dengan sifat yang berbeda karena adanya tubulus dentinalis. Pemahaman yang komprehensif tentang struktur dan sifat mekanis dentin sangat penting untuk keberhasilan perawatan endodontik (Wang *et al.*, 2017). Namun

perawatan endodontik dapat mempengaruhi perubahan mikrostruktur dentin secara mekanik maupun kimiawi (Zang, *et al.*, 2014;)

Salah satu bahan alam yang telah banyak diteliti sebagai bahan alternatif dalam perawatan endodontik adalah alga coklat (*Sargassum sp.*). Alga coklat (*Sargassum sp.*) adalah jenis rumput laut yang mengandung senyawa aktif seperti *flavonoid* berfungsi sebagai antimikrobia, antiinflamasi, antioksidan (Ganatra *et al.*, 2012). Tanin termasuk senyawa *fenol* dengan berat molekul besar, terdiri dari gugus hidroksil dan beberapa gugus seperti karboksil untuk membentuk kompleks kuat yang efektif dengan protein dan beberapa makromolekul (Nawaekasari, 2012).

Saponin merupakan glikosida alami yang terkait dengan steroid alkaloid atau triterpena. Senyawa ini mempunyai mekanisme antibakteri dengan cara menurunkan tegangan permukaan yang mengakibatkan naiknya permeabilitas atau kebocoran sel bakteri dan senyawa intraseluler keluar (Arabski *et al.*, 2012; Podolak, Galanty & Sobolewska, 2010).

Beberapa penelitian tentang ekstrak alga coklat (*Sargassum sp*) sebagai anti inflamasi pada tikus wistar telah dilakukan dengan melihat perubahan sel limfosit pada gigi tikus wistar yang mengalami inflamasi dimana terdapat efek ekstrak alga coklat terhadap perubahan jumlah sel loimfosit lebih cepat dibandingkan kalsium hidroksida (Aslan, 2018). Penelitian lain alga coklat dianggap potensial sebagai anti bakteri khususnya pada bakteri *E.faecalis* dan melihat efektifitas ekstrak alga coklat (*Sargassum sp*) melalui ekspresi TLR-2 pada sel fibroblast, sehingga dapat mengurangi angka kegagalan perawatan saluran akar (Rachmuddin, 2018).

Pada penelitian lain tentang alga coklat (*Sargassum sp.*) oleh Trilaksana, Mattulada & Arisandi, (2020) alga coklat terbukti dalam melarutkan *smear layer* yang menyebabkan *calcium loss* karena memiliki saponin yang mampu melarutkan bahan organik dan anorganik lebih baik dibandingkan EDTA. Sehingga alga coklat (*Sargassum sp.*) bisa

menyebabkan demineralisasi yang dapat menyebabkan penurunan kekerasan mikrodentin.

Alga coklat juga memiliki kandungan mineral kalsium dan fosfat mungkin dapat berperan penting dalam proses demineralisasi dan remineralisasi. Berdasarkan pertimbangan tersebut penulis ingin meneliti pengaruh mikroporositas dan kekerasan mikro dentin saluran akar jika digunakan sebagai medikamen saluran akar. Sehingga peneliti mengevaluasi mikroporositas dan kekerasan dentin setelah aplikasi ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) secara *in vitro*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dirumuskan suatu masalah yaitu: apakah mikroporositas dan kekerasan mikro dentin berubah setelah diaplikasikan ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) secara *in vitro* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Umum

Untuk mengetahui perubahan mikroporositas dan kekerasan mikro dentin setelah aplikasi ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) .

Tujuan Khusus

1. Efek ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) dalam menurunkan mikroporositas dan meningkatkan kekerasan mikro dentin saluran akar.
2. Membandingkan ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) dengan kalsium hidroksida terhadap mikroporositas dan kekerasan dentin saluran akar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat Umum

Mendapatkan informasi ilmiah mengenai mikroporositas dan kekerasan mikro dentin saluran akar setelah aplikasi ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) secara *in vitro*.

Manfaat IPTEK

Menjadi dasar ilmiah untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Medikamen Saluran Akar

Keberhasilan perawatan endodontik bergantung pada diagnosis yang akurat dan rencana perawatan yang tepat, pengetahuan anatomi dan morfologi gigi, debridemen, disinfeksi, dan obturasi sistem saluran akar yang hermetis. Disinfeksi dalam hal ini adalah irigasi saluran akar dan pemberian medikamen yang tepat (Kusuma, Mulyawati and Nugraheni, 2013).

Perawatan endodontik pada pulpa gigi yang masih vital atau pulpitis ireversibel, tidak memerlukan medikasi intrakanal sehingga dapat diselesaikan dalam satu kali kunjungan. Namun dalam kondisi tertentu, misalnya waktu yang tidak cukup, maka perlu diberikan medikamen saluran akar untuk menjamin sterilitas hingga saatnya dilakukan obturasi saluran akar. Pada kasus pulpa nekrosis atau periodontitis apikal, pemberian medikamen antar kunjungan sangat diperlukan untuk memperoleh sterilitas yang optimal.

Irigasi dan pembersihan saluran akar secara mekanis merupakan tahap yang sangat penting dalam mengurangi jumlah bakteri selama perawatan endodontik. Namun demikian, tanpa penggunaan medikamen intrakanal, sebagian dari saluran akar yang sudah dirawat endodontik tetap memperlihatkan adanya bakteri pada kunjungan berikut. (Ema Mulyawati, 2011). Dengan demikian pemberian medikamen intrakanal membantu mengeliminasi bakteri yang tidak tereleminasi oleh preparasi kemo-mekanis dan mencegah atau setidaknya memperlambat reinfeksi saluran akar antar kunjungan (Sidiqa *et al.*, 2020).

Medikamen digunakan untuk membantu meningkatkan prognosis perawatan endodontik. Medikamen tersebut diharapkan dapat berpenetrasi ke dalam tubulus dentinalis dan membunuh bakteri di dalamnya. Tujuan

pemberian medikamen intrakanal, antara lain adalah mengurangi peradangan periradikuler, dengan demikian mengurangi rasa sakit antar kunjungan, mengurangi jumlah, membunuh dan mencegah pertumbuhan kembali bakteri, membantu mengeliminasi eksudat periapikal, mencegah atau menahan resorpsi akar, dan mencegah reinfeksi sistem saluran akar, yaitu bertindak sebagai barrier kimia dan fisik bila restorasi sementara bocor (Pal *et al.*, 2019).

Saat ini kalsium hidroksida sangat populer digunakan sebagai medikamen dalam perawatan endodontik, sejak digunakan secara luas pada tahun 1920. Mempunyai efek antimikroba pada pH yang tinggi (>12), tidak cepat mengeras, tidak larut dalam alkohol, mudah dikeluarkan dan radiopak (Ba-Hattab *et al.*, 2016).

2.2 Kalsium hidroksida (Ca(OH)₂)

Kalsium hidroksida merupakan bahan berbentuk pasta yang memiliki banyak fungsi, tidak hanya sebagai medikamen intrakanal, tetapi dapat juga digunakan sebagai sealer endodontik, bahan *pulp capping*, apeksifikasi, dan pulpotomi (Yahya *et al.*, 2013). Obat ini memiliki solubilitas rendah terhadap air, pH tinggi berkisar antara 12,5-12,8 dan tidak larut dalam alkohol. Kemampuan kalsium hidroksida dalam mengeliminasi bakteri terletak pada kontak langsung mikroorganisme dengan efek pH. Kalsium hidroksida melepaskan ion hidroksil (OH⁻) yang akan menciptakan lingkungan alkalis dan menghasilkan karakteristik antimikroba. Hal ini menjadi lingkungan yang tidak kondusif bagi pertahanan mikroorganisme. pH tinggi yang dihasilkan oleh kalsium hidroksida dapat bersifat destruktif terhadap membran sel dan struktur protein dari bakteri (Alonso & Palamo, 2001).

Kalsium hidroksida merupakan medikamen saluran akar yang paling umum digunakan karena mampu merangsang pembentukan jaringan keras melalui pelepasan ion kalsium (Ca⁺) dan efek antibakteri diperoleh melalui pelepasan ion hidroksil (OH⁻) sehingga pH meningkat

dan memicu kerusakan dinding sel bakteri (Radeva & Tsanova, 2016). Serbuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ perlu ditambahkan bahan pencampur untuk mendapatkan sediaan pasta agar memudahkan pengaplikasian ke dalam saluran akar (Ba-Hattab *et al.*, 2016).

Aktivitas antimikroba kalsium hidroksida tergantung pada penguraian ion hidroksil dalam lingkungan basah. Ion hidroksil adalah radikal bebas oksidan tinggi yang sangat reaktif terhadap beberapa molekul. Kerusakan membran sitoplasma bakteri dikarenakan ion-ion hidroksil dari kalsium hidroksida memicu peroksidasi lipid, merusak fosfolipid, yang merupakan komponen struktur membran sitoplasmik.

Denaturasi protein subtansi alkali dari kalsium hidroksida akan memicu terurainya ikatan ionik yang mempertahankan struktur tersier protein, protein tersebut akan mempertahankan struktur kovalennya, namun rantai polipeptidanya terurai secara acak. Perubahan tersebut mengakibatkan hilangnya aktivitas biologis, dan jika proteinnya berupa enzim maka metabolisme selulernya akan terganggu. Struktur protein dalam membran sel bakteri akan dirusak oleh ion-ion hidroksil. Kerusakan DNA ion hidroksil bereaksi dengan DNA bakteri, yang mengakibatkan terpecahnya rantai DNA. Akibatnya dapat menghambat replikasi DNA dan mengacak susunan aktivitas seluler (Siquera, 2011).

2.3 Struktur dentin

Komposisi dentin adalah jaringan termineralisasi yang membentuk ketebalan gigi. Terdiri dari 70% bahan anorganik (terutama kristal hidroksiapatit), 20% matriks organik, sebagian besar terdiri dari kolagen (sekitar 90%) dan 10% air (Wang *et al.*, 2017). Tubulus dentinalis melintasi seluruh ketebalan dentin dengan diameter terbesarnya terletak di dekat pulpa (2,5 μm) dan diameter terkecilnya terletak di dekat email atau sementum (1 μm). Kerapatan tubuler dekat pulpa juga lebih tinggi. Tubulus yang terhubung ke pulpa vital berisi cairan dentin, prosesus odontoblas, ujung saraf dan protein lainnya (Mount, 1998).

Secara fisiologis dan anatomis, dentin memiliki struktur yang kompleks dan merupakan bagian terbesar dari struktur gigi secara keseluruhan. Dentin terbentuk bersamaan dengan email melalui proses mineralisasi matriks protein yang sedikit berbeda. Perbedaan tersebut ditandai dengan adanya kolagen yang disekresi oleh odontoblas dari jaringan mesenkim. Meskipun mirip dengan tulang dalam unsur elemen utama, dentin memiliki struktur unik yang terdiri dari tubulus dentinalis yang berjalan dari arah pulpa dan dikelilingi oleh serat kolagen yang termineralisasi (Goldberg *et al.*, 2011).

Anatomi tubulus dentinalis, Tubulus dentin yang tidak terkalsifikasi, disebabkan oleh adanya proses odontoblast selama dan setelah endapan matriks dan kalsifikasi, meluas dari badan sel odontoblast pada permukaan luar ruang pulpa hingga dentin enamel junction. Saat dentin terbentuk sempurna, mencapai 5 mm atau lebih. Bentuk tubulus dentinalis runcing dengan diameter berkurang hingga setengahnya saat mendekati enamel. Pada gigi dewasa dentin, sel odontoblast hanya dapat menempati sepertiga bagian dalam hingga setengah tubulus dentin. Bagian non-protoplasma dari tubulus terisi oleh cairan jaringan. (Mount, 1998)

Pada usia lanjut, dentin peritubuler terus terkalsifikasi, dan diameter internal tiap tubulus semakin menurun. Ion yang mengendap membentuk mineral tambahan ini berasal dari cairan ekstraseluler pulpa, yang relatif jenuh terhadap apatit. Mineralisasi yang progresif ini sepanjang hidup mengarah ke jaringan yang lebih padat, kurang permiabel dan kurang fleksibel (Mount, 1998).

2.4 Sifat Mekanis Dentin

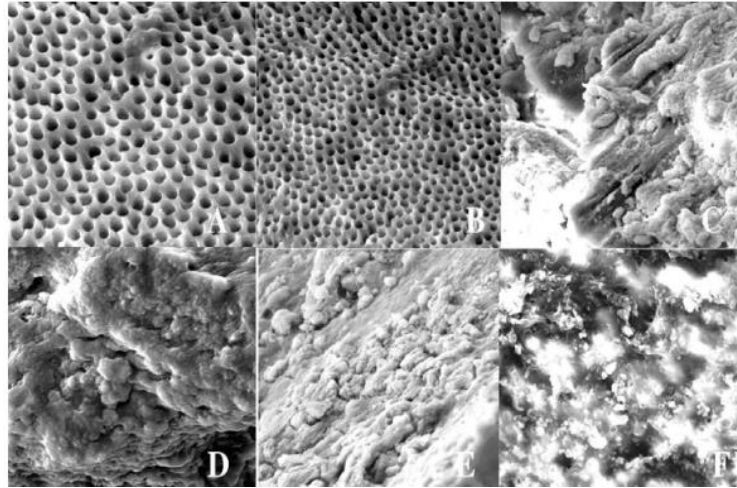
Dentin adalah jaringan yang paling banyak termineralisasi pada gigi manusia setelah email. Sifat mekanis gigi manusia ditentukan oleh struktur dan komposisinya. Studi tentang sifat mekanis dentin berfokus pada sifat-sifat mikro struktur, mirip dengan studi sifat mekanik email namun dentin memiliki struktur yang lebih kompleks. Faktor yang

mempengaruhi sifat mekanis yaitu kepadatan, arah serat kolagen dan rata-rata fase mineral. Sifat mekanis gigi meliputi elastisitas, kekerasan, viskoelastisitas dan sifat fraktur (Zhang *et al.*, 2014).

Cohen *et al* (2008) menilai sifat kekerasan mikrostruktur dentin dengan *Atomic Force Microscope* (AFM). Dengan mengukur kekerasan dan modulus dari tepi lumen, *dentin peritubular*, *peritubular-intratubular junction*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanis mikrostruktur bervariasi dengan posisi yang berbeda pada dentin. Kekerasan menurun secara bertahap dari dinding rongga tubulus dentin intertubular dan sesuai dengan penurunan kandungan mineral (Zang *et al*, 2014)

Kekerasan mikrodentin bervariasi antara peritubular dan intertubular dentin dan tergantung pada lokasi gigi. Penurunan kekerasan dentin dapat menggambarkan penurunan mineral jaringan keras gigi bahan kimia yang digunakan untuk irigasi saluran akar dan desinfeksi, berinteraksi dengan mineral dan kandungan organik sehingga mengurangi kekerasan mikrodentin. Dentin yang mengalami penurunan kekerasan mikrodentin menyebabkan gigi menjadi rapuh. (referensi)

Dentin awalnya beresiko kehilangan mineral, karena apatit dentin memiliki kelarutan yang relatif tinggi. Akan tetapi, seperti dengan enamel, jika jaringan tetap berkontak dengan biofilm, dan melalui saliva yang netral atau pH saliva sedikit basa, dan jika tersedia fluorida dengan konsentrasi tinggi, bahkan secara episodik, selama beberapa hari dan minggu dentin akan semakin termineralisasi dan kurang beresiko mengalami dekalsifikasi (Zakaria, Cahyanto & El-Ghannam, 2018).



Gambar 1. Scanning electron microscopic (SEM) gambar tubulus dentin saluran akar. Penampilan dentin terbuka tubulus setelah penghapusan *smear layer* dan sebelum inkubasi *E. faecalis* $\times 2000$ (A) dan $\times 3000$ (B). Biofilm *E. faecalis* menjadi pografi setelah inkubasi 6 minggu $\times 2000$ (C dan D) dan $\times 3000$ (E dan F).

2.5 Alga Coklat (*Sargassum sp.*)

Alga coklat atau *phaeophyta*, termasuk ke dalam makroalga yang paling banyak ditemukan, terutama di daerah pesisir pantai. Alga coklat mengandung pigmen fotosintesis, termasuk klorofil *a* dan *c*, β - *carotene*, *violaxanthin*, dan *fucoxanthin*, dengan sedikit *diatoxanthin* serta *diadinoxanthin*. Warna alga coklat disebabkan oleh adanya pigmen coklat (*fucoxanthin*), yang secara dominan menutupi warna hijau dari klorofil pada jaringan. Jumlah pigmen *fucoxanthin* menentukan warna dari spesies yang berbeda (Pakidi & Suwoyo, 2016).

Tempat cadangan makanan pada alga coklat dikenal sebagai laminaran, yang merupakan polisakarida larut air. Kandungan laminaran berkisar antara 2%-34% dari berat kering alga. Manitol dan alkohol yang tidak dimetabolisme oleh kebanyakan organisme fotosintetik juga merupakan kandungan pada alga coklat. Selain itu, sukrosa dan gliserol juga dilaporkan sebagai bahan hasil metabolisme alga coklat (Redmond *et al.*, 2014).

Taksonomi alga coklat spesies *Sargassum sp.*

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Phaeophyta*
Kelas : *Phaeophyceae*
Bangsa : *Fucales*
Famili : *Sargassaceae*
Genus : *Sargassum*
Spesies : *Sargassum sp.*



Gambar 2. *Sargassum sp.* (Sumber: S Redmond, JK Kim, C Yarish, M Pietrak and I Bricknell. Culture of *Sargassum* in Korea: techniques and potential for culture in the US. Orono, ME: Maine Sea Grant College Program. 2014; 1:1-8.)

2.5.1 Karakteristik dan Habitat

a. Karakteristik dan Habitat *Sargassum sp.*

Spesies *Sargassum* memiliki tingkat morfologi yang cukup kompleks dan berbentuk talus yaitu tidak dapat dibedakan antara batang, daun dan akarnya. Bentuk talus pada *Sargassum* umumnya silindris atau gepeng, cabangnya rimbun menyerupai pohon di darat, mempunyai gelembung udara yang umumnya soliter, panjangnya dapat mencapai 7 meter, dan berwarna coklat kuning kehijauan (Wells *et al.*, 2017).

Sargassum sp. tumbuh pada perairan tropis dengan substrat dasar batu karang atau bebatuan yang cukup besar. (*Sargassum sp*) tumbuh di daerah pasang-surut (intertidal), terendam (subtidal) hingga kedalaman 0,5-10 meter, dengan suhu perairan 27,25-29,3°C dan salinitas 32-33,5%.

Kebutuhan terhadap cahaya matahari lebih tinggi karena kandungan klorofil pada *Sargassum sp.* lebih banyak dan klorofil tersebut berperan dalam proses fotosintesis (Guiry *et al.*, 2014).

b. Kandungan *Sargassum sp.*

Alga coklat *Sargassum sp.* telah lama dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan obat. Sebagai sumber gizi, *Sargassum sp.* memiliki kandungan karbohidrat, protein, asam amino, dan asam lemak, dan abu. Rumput laut ini juga mengandung vitamin seperti vitamin A, B1, B2, B6, B12, dan C, betakaroten serta mineral seperti kalsium, fosfor, kalium, natrium, zat besi, dan yodium (Wells *et al.*, 2017).

Alga coklat mengandung senyawa aktif dengan berbagai bioaktivitas sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan nutrasetikal. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa alga coklat memiliki potensi sebagai bahan antikanker, antioksidan, antitrombotik, antikoagulan, antiproliferatif, antivirus, antiobesitas, dan antiinflamasi. Alga coklat (*Sargassum sp.*) memiliki kandungan alkaloid, steroid, triterpenoid, flavonoid, saponin, dan tanin (Mehdinezhad, Ghannadi & Yegdaneh, 2016). Alga coklat *Sargassum* memiliki kandungan yang sering diekstraksi dan dimanfaatkan, yaitu asam alginat. Asam alginat merupakan fikokoloid atau hidrokoloid yang disusun oleh dua unit monomerik, yaitu β -D-mannuronic acid dan α -L-guluronic acid. Selain itu *Sargassum* juga memiliki kandungan fukoidan dan polifenol yang berpotensi dijadikan obat dan aplikasi medis (Wells *et al.*, 2017).

Fukoidan merupakan senyawa polisakarida kompleks yang ditemukan dalam ganggang coklat. Secara umum, fukoidan tersusun atas *sulfated fucose* sebagai komponen utama dan monomer karbohidrat lainnya. Fukoidan menunjukkan aktivitas biologis yang kuat, termasuk antibakteri, antiviral, antitumor, antikoagulan, dan aktivitas antioksidan antiinflamasi (Hikariastri *et al.*, 2019).

Sargassum sp. juga memiliki kandungan pigmen fotosintesis yang beragam, salah satu diantaranya adalah fukosantin, dan juga kandungan

bioaktif lainnya (Wells *et al.*, 2017).

Saponin

Saponin berasal dari kata "Sapo" yang berarti sabun, karena sifat surfaktan yang memungkinkan membentuk busa seperti sabun yang stabil saat bergetar dalam larutan (Moghimipour and Handali, 2015)

Kemampuan busa dari saponin disebabkan oleh kombinasi dari saponin yang bersifat hidrofobik (larut dalam lemak) dan bagian rantai gula yang bersifat hidrofilik (larut dalam air). Saponin adalah steroid, triterpenoid atau molekul steroid glikoalkaloid yang memiliki satu atau lebih rantai gula dan berperan penting dalam sistem pertahanan terhadap infeksi mikroba. Saponin memiliki banyak kemampuan seperti antimikroba, anti virus, anti tumor, hemolitik dan aktivitas anti inflamasi. (Sidauruk *et al.*, 2021)

Fenolik

Fenolik adalah kelas metabolit sekunder tanaman yang mengandung satu atau lebih turunan hidroksi dari cincin benzena. Aktivitas antimikroba dari jalur intermediet fenilpropanoid, termasuk asam *p-coumaric*, asam *caffeic*, asam ferulat dan asam *sinapic*. Senyawa fenolik dengan struktur yang kurang kompleks seperti katekol dan *coumarin* juga telah terbukti menunjukkan aktivitas bakterisida (Sri Sedjati, Suryono, Adi sentosa, Endang supriyantini, 2017).

Antibakteri senyawa fenolik bekerja melalui beberapa mekanisme, yaitu menyebabkan kebocoran komponen seluler, merusak mekanisme enzimatik untuk produksi energi dan metabolisme, mengubah serapan hara dan transpor elektron (Yusuf Bachtiar, Tjahjaningsih and Sianita, 2012).

Flavonoid

Flavonoid merupakan bahan yang umumnya ditemukan pada makanan sehari-hari. Senyawa *polyphenolic* ini sangat banyak ditemukan pada tumbuhan, sayuran, buah, teh, anggur (Puupponen-Pimiä, Nohynek and Meier, 2001).

Flavanoid merupakan antioksidan kuat, penangkal radikal bebas dan sebagai pelapis bahan metal, senyawa ini menghambat peroksidasi lipid dan menunjukkan aktivitas fisiologis seperti anti inflamasi, antialergi, antikarsiogenik, anti hipertensi, antiatritis dan aktivitas antimikrobal (Tao *et al.*, 2022).

Aktivitas *flavonoid* dilakukan dengan merusak dinding sel, lipid dan asam amino yang bereaksi dengan gugus alkohol pada senyawa *flavonoid*. Mampu membentuk senyawa kompleks dan protein tidak dapat berfungsi lagi, maka terjadi denaturasi protein dan asam nukleat. Denaturasi tersebut menyebabkan koagulasi protein dan mengganggu metabolisme dan fungsi fisiologis bakteri (Helena, Sanjayasari and Helena, 2018). *Flavonoid* juga mampu berinteraksi dengan DNA bakteri yang mengganggu integritas membran sel bakteri (Mulyadi, Nur and Iba, 2019).

2.6 Kekerasan Mikro Dentin

Kekerasan mikro struktur dentin dipengaruhi oleh derajat mineralisasi dan jumlah hidroksi apatit yang terkandung pada dentin. Banyaknya jaringan organik yang larut pada dentin akan berpengaruh pada kekerasan mikro dentin tersebut. Semakin banyak jaringan organik yang terlarut akan semakin menurunkan kekerasan mikro dentin. Jaringan organik ini berisi sebagian besar kolagen yang tersebar dalam struktur dentin yaitu tubulus dentinalis, dentin intertubuler. (Widyawati, Untara and Hadriyanto, 2013)

Kekerasan mikro dentin dipengaruhi oleh variasi dari tubulus dentinalis baik diameter dan jumlah tubulus dentinalis yang ada. Jumlah tubulus dentinalis pada dentin akar akan berkurang dari akar servikal ke arah apikal sehingga kepadatan tubulus dentinalis yang rendah di bagian apikal. Kepadatan tubulus dentinalis yang rendah di bagian apikal akan menurunkan kekuatan gigi. Dentin akar bagian tengah ke apikal memiliki kekuatan tekanan yang lebih kecil dibandingkan dentin akar bagian servikal karena kepadatan tubulus dentinalis pada dentin bagian

apikal lebih rendah daripada bagian servikal sehingga pada penelitian ini dilakukan pada tiga tempat yaitu servikal, tengah, apikal. (Widyawati, Untara and Hadriyanto, 2013)

Uji kekerasan mikro dentin merupakan salah satu metode untuk menentukan sifat mekanik dentin. Pengetahuan tentang kekerasan bahan sangat berguna untuk teknisi dan dokter gigi. Uji kekerasan termasuk dalam spesifikasi *American Dental Association* (ADA) untuk bahan material kedokteran gigi. Ada beberapa jenis tes kekerasan permukaan yang sebagian didasarkan pada kemampuan permukaan material untuk menahan penetrasi oleh titik berlian atau *steel ball* di bawah beban tertentu. Tes yang paling sering digunakan untuk menentukan kekerasan bahan material kedokteran gigi dikenal dengan nama *Vickers*, *Knoop*, *Brinell* dan *Rockwell*. *Knoop* dan *Vickers* diklasifikasikan sebagai pengukuran *microhardness*, sedangkan pengukuran *Brinell* dan *Rockwell* termasuk *macrohardness* (Hoseinie, Ataei and Mikaiel, 2012).

Uji kekerasan mikro dengan metode *Vickers* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136° yang ditekan pada permukaan material uji tersebut pada beban 1-100 kg dan waktu diterapkan selama 10-15 detik. Metode perhitungan *Vickers Hardness Number* (VHN) sama dengan *Brinell Hardness Number* (BHN) yaitu beban dibagi dengan luas proyeksi lekukan. Panjang diagonal indentasi diukur dan diambil rerata. *Vickers hardness test* ini digunakan dalam spesifikasi ADA untuk *dental casting gold alloys*. Uji ini sesuai digunakan dalam mengukur kekerasan struktur gigi (Kumayasari and Sultoni, 2017).

2.7. Uji Mikroporositas Dentin

Uji porositas dapat dilakukan untuk mendapatkan gambaran kedalaman porositas dentin dan menunjukkan gambaran penetrasi suatu zat ke dalam struktur dentin. Porositas adalah volume pori (V_p) material

yang relatif terhadap total volume material (V_t) dikalikan dengan 100. Porositas dinyatakan dalam persentase. $OT [\%] = V_p / V_t \times 100$ (Vennat *et al.*, 2017).

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk uji porositas dentin adalah *Scanning Electron Microscope* (SEM). Alat ini dapat digunakan untuk mengevaluasi celah mikro pada jaringan keras gigi dan memperlihatkan detail topografi permukaan dan kekasaran yang berbeda (Wang *et al.*, 2017). Gambaran SEM berwarna abu-abu sehingga warna dentin tidak berpengaruh dalam mencapai fokus yang benar (Chomette, Auriol and Vaillant, 1986).

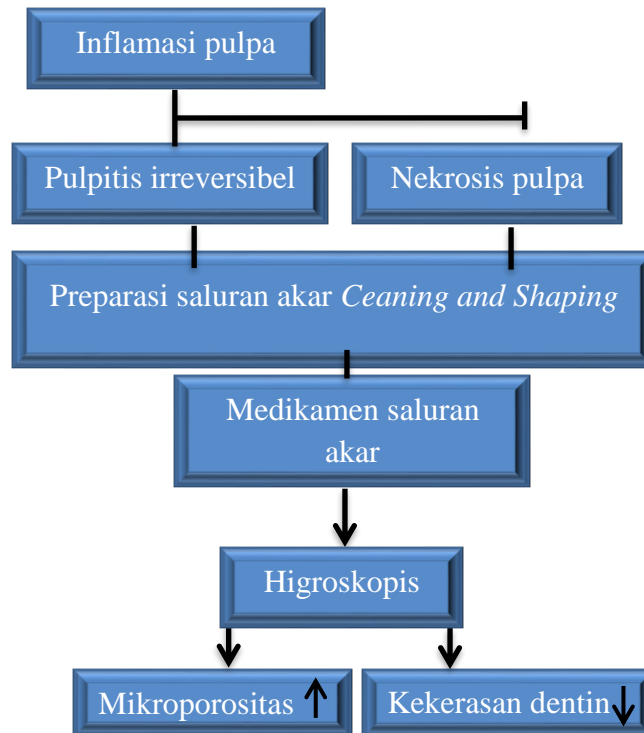
Selain alat SEM, terdapat juga alat *Computer Laser Scanning Microscope* (CLSM) yang dapat digunakan untuk menganalisis kekasaran permukaan bahan gigi, erosi gigi, dan mengevaluasi kekuatan ikatan *microtensile*. Alat ini mampu menghasilkan gambar beresolusi tinggi dan memungkinkan rekonstruksi 3 dimensi (3D) dari banyak struktur pada gigi (Rashid and Abd-Alhammid, 2019).

Keuntungan dari CLSM adalah resolusi gambar yang dihasilkan cukup tinggi dan dapat diperoleh dengan menggunakan panjang gelombang yang lebih pendek, kontras yang lebih besar dibandingkan dengan mikroskop konvensional, kemampuan memperoleh bagian optik dengan mengubah lubang jarum bukaan, rekonstruksi gambar 3D, dan tidak mudah blur pada spesimen tipis atau tebal (Rashid, 2014).

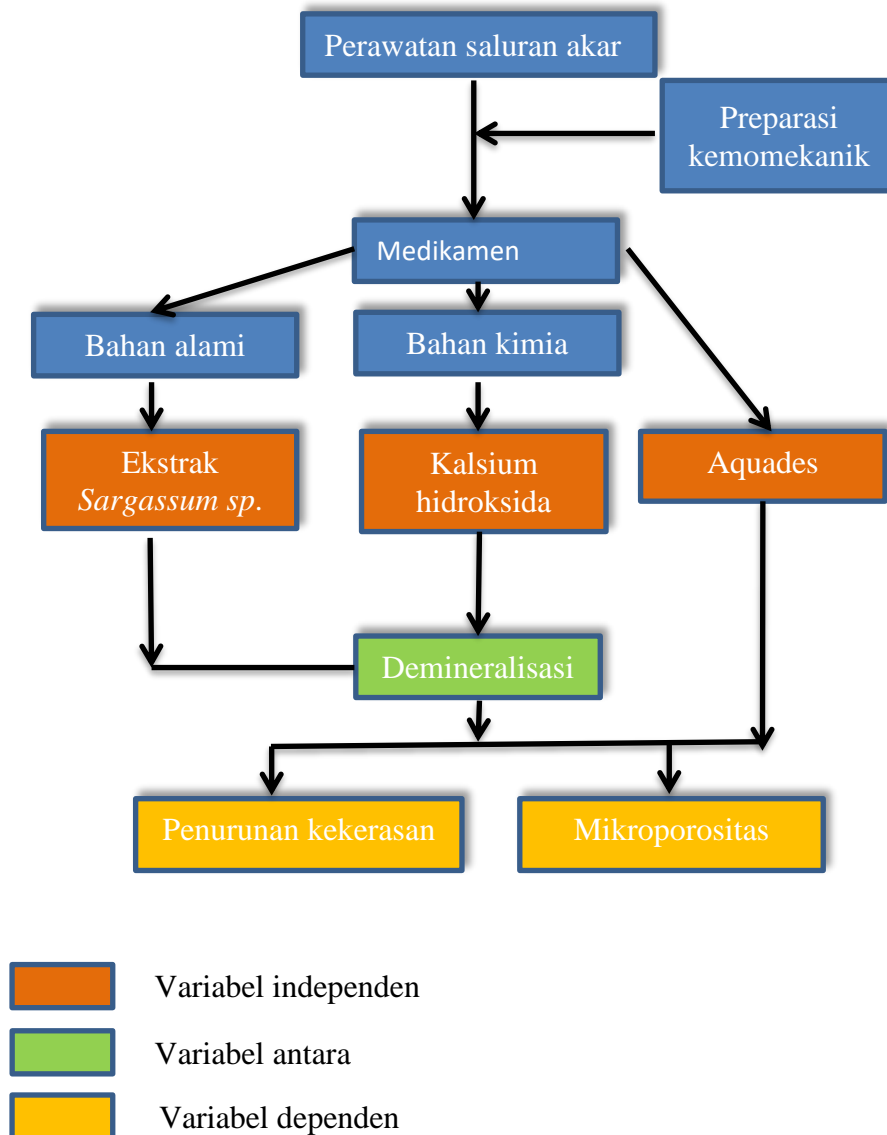
BAB III

KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP

3.1 Kerangka Teori



3.2 Kerangka Konsep



3.3 Hipotesis Penelitian

Ekstrak alga coklat (*Sargassum sp.*) dapat menurunkan mikroporositas dan meningkatkan kekerasan mikro dentin saluran akar.