

SKRIPSI

**PEMANFAATAN *CHLORELLA VULGARIS* DALAM
BIDANG KEDOKTERAN GIGI**

LITERATURE REVIEW

*Diajukan Kepada Universitas Hasanuddin Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran Gigi*



MUH. FARHAN FAUZI

J01118365

DEPARTEMEN PROSTODONSIA

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

SKRIPSI
PEMANFAATAN *CHLORELLA VULGARIS*
DALAM BIDANG KEDOKTERAN GIGI

LITERATURE REVIEW

*Diajukan Kepada Universitas Hasanuddin Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran Gigi*

MUH. FARHAN FAUZI

J011181365

DEPARTEMEN PROSTODONSIA

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pemanfaatan *Chlorella Vulgaris* Dalam Bidang Kedokteran Gigi

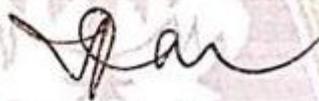
Oleh : Muh. Farhan Fauzi / J011181365

Telah Diperiksa dan Disahkan

Pada Tanggal 12 Juli 2021

Oleh:

Pembimbing



Prof. Dr. Edv Machmud., drg., Sp.Pros(K)
NIP. 196311041994011001

Mengetahui,
† Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hasanuddin



drg. Muhammad Ruslin, M.Kes., Ph.D., Sp.BM(K)

NIP. 197307022001121001

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tercantum dibawah ini:

Nama : Muh. Farhan Fauzi

NIM : J011181365

Judul : Pemanfaatan *Chlorella Vulgaris* Dalam Bidang Kedokteran Gigi

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

Makassar, 12 Juli 2021

Koordinator Perpustakaan FKG UNHAS



NIP. 19661121 199201 1 003

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Muh. Farhan Fauzi

NIM : J011181365

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “PEMANFAATAN *CHLORELLA VULGARIS* DALAM BIDANG KEDOKTERAN GIGI” adalah benar merupakan karya sendiri dan tidak melakukan tindakan plagiat 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 keseluruhannya merupakan plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 22 Juli 2021



Muh. Farhan Fauzi

NIM J011181365



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN
PENDIDIKAN TINGGI FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN PROSTODONSIA
RSGM FKG Unhas, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10
Tamalanrea, Makassar Telp (0411) 586777

LEMBAR MONITORING PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muh. Farhan Fauzi
Stambuk : J011181365
Nama Pembimbing : Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp. Pros (K)
Judul : Pemanfaatan Chlorella Vulgaris Dalam Bidang
Kedokteran Gigi

No	Tanggal	Materi Konsultasi	Paraf	
			Pembimbing	Mahasiswa
1	11 Juli 2020	Diskusi Judul		
2	14 Juli 2020	ACC Judul		
3	5 Oktober 2020	Menyerahkan Bab I		
4	27 November 2020	Revisi Judul		
5	29 November 2021	Menyerahkan Bab I Revisi		
6	21 Januari 2021	Menyerahkan Bab I & Bab II revisi		
7	13 Februari 2021	Mengajukan draft proposal		
8	12 April 2021	Menyerahkan PPT Seminar proposal		
9	11 April 2021	ACC PPT Seminar proposal		
10	20 April 2021	Seminar Proposal		
11	21 April 2021	Revisi Proposal		
12	9 Mei 2021	Menyerahkan draft skripsi		
13	31 Mei 2021	Menyerahkan PPT Seminar hasil		
14	1 Juni 2021	Seminar Hasil		
15	16 Juli 2021	Menyerahkan Revisi Skripsi		

KATA PENGANTAR

Alhamdu lillahi rabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subahanahu Wata'ala* yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi *literature review* ini, Shalawat dan salamsenantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Tak lupa penulis mengucapkan terimakasih yang sangat mendalam kepada dosen pembimbing Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp.Pros (K) yang telah sabar dan senantiasa selalu mendampingi penulis dalam penyusunan *literature review* ini yang berjudul “**Pemanfaatan *Chlorella Vulgaris* Dalam Bidang Kedokteran Gigi**”. Penulis menyadari sepenuhnya kesederhanaan dari penulisan isi skripsi ini baik dari segi bahasa ataupun pembahasan materi ini. Semoga dengan terselesaikannya *literature review* ini dapat memberikan manfaat kepada penulis sendiri dan para pembaca. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk dijadikan sebagai bahan acuan untuk penyusunan selanjutnya. Dengan penuh kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Hatta Usman** dan Ibunda **Fadliah Badaruddin** atas segala dukungannya baik secara moral dan materi, dan juga senantiasa memberikan dorongan dan doa. Penulis tidak akan dapat menyelesaikan skripsi ini tanpa doa dan ridha dari Ayahanda dan Ibunda.

2. **Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp. Pros (K)** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk selalu memberikan saran, bimbingan, dan motivasi kepada kami untuk semangat dalam menyelesaikan skripsi *literature review* ini. Semoga beliau selalu diberikan kekuatan, kesehatan, dan dijaga oleh Allah SWT dalam lindungan-Nya.
3. **drg. Muhammad Ruslin, M.Kes., Ph.D., Sp.BM(K)** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.
4. **Seluruh Dosen, Staf Akademik, Staf Perpustakaan FKG Unhas, dan Staf Bagian Prostodonsia** yang telah banyak membantu penulis.
5. **Guru SD Sudirman III, SMP Negeri 6 Makassar, SMA Negeri 1 Makassar, serta seluruh dosen** yang telah banyak memberikan ilmunya.
6. Teman sepembimbing skripsi **Tri Ardhani Safitri, dan Alya Mardatilla** yang selalu sabar dan senantiasa memberikan dukungan pada proses penyusunan skripsi ini.
7. Sobat bindap satu (lamtur) **Alan, Aliyah, Izza, Zahra, Alex, Bey, Tri, Ums, Afifah, Widi, Yaya, dan Celsi** serta teman angkatan **Cingulum 2018, dan Cinguluman** yang telah menemani segala perjuangan selama di kampus FKG Unhas.
8. Sahabat Smansa **Andin, Ati, Pipo, Ikram, Agung, Fayadh** serta teman **Sektor Rappocini, Mipa 1, dan Mipa 9** yang telah memberikan dukungan dalam pembuatan skripsi ini.
9. Seluruh pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, sungguh penulis sangat bersyukur dan berterimakasih atas doa dan bantuannya. Semoga semua

bantuan yang telah diberikan dapat bernilai ibadah dan Allah SWT berkenan memberikan balasan yang lebih dari hanya ucapan terimakasih oleh penulis.

Makassar, 5 Mei 2021

Hormat Kami

Penulis

**PEMANFAATAN CHLORELLA VULGARIS DALAM BIDANG
KEDOKTERAN GIGI**

Muh. Farhan Fauzi¹, Edy Machmud²

¹Mahasiswa S1 Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

²Dosen Departemen Prostodonsia

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

ABSTRAK

Latar Belakang : Salah satu mikroalga yang sedang dikembangkan adalah *chlorella vulgaris*. *Chlorella Vulgaris* adalah alga hijau yang sudah banyak digunakan sebagai makanan kesehatan, dan memiliki 4 komponen yang berpengaruh pada kesehatan, seperti klorofil, dinding sel, beta-karoten, dan *Chlorella Growth Factor (CGF)*. *Chlorella Vulgaris* memiliki beberapa khasiat yang bermanfaat untuk organ dan jaringan yang terluka. Dalam kedokteran gigi, kandungan pada *chlorella vulgaris* dapat dimanfaatkan sebagai remodeling tulang. Komponen bioaktif *chlorella vulgaris* dapat menghasilkan kolagen; protein yang ada akan mendukung proses regenerasi sel, misalnya dalam pembuatan ulang tulang. Selain itu, ekstrak *chlorella vulgaris* ini memiliki efek antibakteri pada berbagai strain bakteri dan juga dianggap sebagai obat antiinflamasi karena dapat mengurangi sekresi sitokin yang terkait dengan aktivitas inflamasi. **Tujuan:** Secara umum, *literature review* ini bertujuan mengetahui manfaat *chlorella vulgaris* dalam bidang kedokteran gigi. **Metode:** Literature review. **Hasil:** Dalam tinjauan literatur ini, didapatkan hasil bahwa *chlorella vulgaris* memiliki kandungan protein, lemak, karbohidrat, pigment, mineral dan vitamin yang bermanfaat dalam bidang kedokteran gigi seperti menghasilkan kolagen yang akan mendukung proses regenerasi sel, misalnya dalam pembuatan ulang tulang, memiliki efek antibakteri pada berbagai strain bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Escherichia coli*, dan dapat juga dimanfaatkan sebagai obat antiinflamasi karena dapat mengurangi sekresi sitokin yang terkait dengan aktivitas inflamasi, seperti jenis interleukin (IL) tertentu dan metaloproteinase matriks (MMP) tertentu yang menyebabkan kerusakan jaringan. matriks. **Kesimpulan:** *chlorella vulgaris* sangat efektif digunakan dalam bidang kedokteran gigi khususnya dalam hal remodeling tulang, perbaikan jaringan kulit, antimikroba, anti-inflamasi, dan juga sebagai bahan detoksifikasi berdasarkan pada kandungan senyawa bioaktif yang dimiliki oleh *chlorella vulgaris*.

Kata Kunci: *Chlorella vulgaris*, kedokteran gigi

THE USE OF CHLORELLA VULGARIS IN DENTISTRY

Muh. Farhan Fauzi¹, Edy Machmud²

¹Mahasiswa S1 Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

²Dosen Departemen Prostodonsia

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

ABSTRACT

Background : One of the microalgae being developed is chlorella vulgaris. Chlorella vulgaris is a green algae that has been widely used as a health food, and has 4 components that affect health, such as chlorophyll, cell walls, beta-carotene, and Chlorella Growth Factor (CGF). Chlorella vulgaris has several properties that are beneficial for injured organs and tissues. In dentistry, the content of chlorella vulgaris can be used as bone remodeling. The bioactive component of chlorella vulgaris can produce collagen; the existing protein will support the process of cell regeneration, for example in the manufacture of bone. In addition, this chlorella vulgaris extract has antibacterial effects on various bacterial strains and is also considered an anti-inflammatory drug because it can reduce the secretion of cytokines associated with inflammatory activity. **Objective:** In general, this literature review aims to determine the benefits of chlorella vulgaris in dentistry. **Method:** Literature review. **Results:** In this literature review, it was found that chlorella vulgaris contains proteins, fats, carbohydrates, pigments, minerals and vitamins that are useful in dentistry such as producing collagen which will support cell regeneration processes, for example in bone remodeling, has an antibacterial effect. in various bacterial strains such as Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa and Escherichia coli, and can also be used as anti-inflammatory drugs because it can reduce the secretion of cytokines associated with inflammatory activity, such as certain types of interleukin (IL) and certain matrix metalloproteinases (MMPs) that cause tissue damage. . matrix. **Conclusion:** chlorella vulgaris is very effective in dentistry, especially in terms of bone remodeling, skin tissue repair, antimicrobial, anti-inflammatory, and also as a detoxifying agent based on the content of bioactive compounds possessed by chlorella vulgaris.

Keywords: *Chlorella vulgaris*, dentistry

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN.....	iii
KARTU KONTROL.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Manfaat Penulisan	4
1.5 Sumber Penulisan	4
1.6 Prosedur Manajemen Penulisan	5
BAB II.....	6
2.1 Chlorella Vulgaris	6
2.2 Manfaat Dalam Kedokteran Gigi	11
BAB III.....	21
3.1 Identifikasi	21
3.2 Analisis Persamaan Jurnal	26
3.3 Analisis Perbedaan Jurnal	26
BAB IV	28
4.1 Kesimpulan.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambaran <i>Chorella Vulgaris</i>	7
Gambar 2.2	Anatomi Alveolar	14
Gambar 3.1	Grafik Hasil Uji Daya Sebar.....	26
Gambar 3.2	Grafik Hasil Uji pH	27
Gambar 2.3	Grafik Nilai Viskositas	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi sumber daya alam kelautan dan memiliki keanekaragaman hayati yang sangat besar. Salah satu sumberdaya hayati yang potensial di Indonesia adalah mikroalga. Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-30 μm , baik sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut, yang lazim disebut fitoplankton. Di dunia mikrobial, mikroalga termasuk eukariotik, umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah (fikoeritrin).^{1,2}

Chlorella sp merupakan mikroalga yang sering ditemui di perairan air tawar maupun di perairan laut dan merupakan salah satu mikroalga yang sering dibudidayakan untuk berbagai keperluan seperti obat-obatan, kosmetik, atau untuk alternatif biodiesel. *Chlorella sp* adalah jenis tumbuhan yang bekum mempunyai akar, batang, dan daun sebenarnya, tetapi sudah memiliki klorofil sehingga bersifat autotrof dan dapat membentuk makanan sendiri. Tubuhnya terdiri atas satu sel (uniseluler) dan ada pula yang banyak sel (multiseluler). Uniseluler umumnya sebagai fitoplankton sedangkan yang multi seluler dapat hidup sebagai bentos atau perifiton. Salah satu mikroalga yang sedang dikembangkan adalah *Chlorella Vulgaris*. *Chlorella*

Vulgaris adalah alga hijau yang sudah banyak digunakan sebagai makanan kesehatan, dan memiliki 4 komponen yang berpengaruh pada kesehatan, seperti klorofil, dinding sel, beta-karoten, dan *Chlorella Growth Factor (CGF)*. *Chlorella Vulgaris* memiliki beberapa khasiat yang bermanfaat untuk organ dan jaringan yang terluka.^{3,4,5}

Dalam bidang kedokteran mikroalga *Chlorella Vulgaris* mempunyai khasiat dalam penyembuhan luka bakar dan sayat, demikian pula dalam bidang kedokteran gigi *Chlorella Vulgaris* dapat digunakan sebagai bahan penyembuh luka pasca pencabutan gigi. Penelitian awal yang dilakukan Putri Alpianti misalnya dengan melakukan penelitian dengan membuat formulasi bahan sediaan salep *Chlorella Vulgaris* yang diuji secara fisik, kimia, organoleptik dan uji toksisitas terhadap tikus wistar dan memperoleh hasil bahwa sediaan tersebut aman dan dapat diterima, dan tidak mematikan maka *Chlorella Vulgaris* dapat digunakan sebagai bahan remodelling tulang dibuktikan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Edy Machmud dan kawan-kawan ditahun 2019.^{5,6}

Remodeling tulang merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan resorpsi tulang yang diikuti dengan pembentukan tulang baru. Remodelling tulang ditujukan untuk pengaturan homeostasis kalsium, memperbaiki jaringan yang rusak akibat pergerakan fisik, kerusakan minor karena faktor stress dan pembentukan kerangka pada masa pertumbuhan.⁷ Remodeling tulang diatur oleh hormon dan faktor lainnya. Hormon Tersebut adalah hormon paratiroid, insulin, hormon pertumbuhan, vitamin D, kalsium,

kalsitonin, glukokortikoid, hormone seks (estrogen dan androgen) dan hormon tiroid. Zat gizi juga berpengaruh pada struktur tulang dan metabolisme tulang yaitu kalsium, fosfor, zink, magnesium, besi, vitamin K, vitamin B12, vitamin A, dan asam lemak. Kalsium merupakan mineral yang paling banyak terdapat di dalam tubuh manusia; sekitar 99% kalsium terapat di dalam jaringan keras yaitu pada tulang dan gigi, dan 1% kalsium terdapat pada darah dan jaringan lunak. Metabolisme kalsium meliputi beberapa nutrisi lainnya seperti protein, vitamin D, dan fosfor.⁸

Komposisi utama dari *Chlorella Vulgaris* adalah protein, lemak, karbohidrat, pigment, mineral dan vitamin. Kandungan mineral, seperti kalsium darah dan kadar fosfor.⁹ Salah satu cara untuk meningkatkan efektivitas penggunaan *Chlorella Vulgaris* pada proses remodeling tulang adalah dengan melakukan formulasi ekstrak *Chlorella Vulgaris* dalam bentuk gel, krim, dan salep.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka dapat diambil rumusan masalah, yaitu:

“Apakah *Chlorella vulgaris* mempunyai manfaat pada bidang kedokteran gigi?”

1.3 Tujuan Penulisan

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui manfaat *chlorella vulgaris* dalam bidang kedokteran gigi.

1.3.2 Tujuan Khusus

Untuk mengetahui efek kandungan dalam chlorella vulgaris yang bermanfaat untuk bidang kedokteran gigi.

1.4 Manfaat Penulisan

1.1 Literatur review ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan chlorella vulgaris sehingga instansi terkait dapat mengembangkan sumber daya alam Indonesia secara maksimal.

1.2 Penulisan Literatur review ini juga ini diharapkan memberikan sumbangan ilmiah bagi dunia Pendidikan dan kesehatan mengenai pemanfaatan chlorella vulgaris serta memberikan manfaat bagi masyarakat umum yang dapat digunakan sebagai acuan penelitian selanjutnya.

1.5 Sumber Penulisan

Sumber literatur dalam rencana penulisan ini terutama berasal dari jurnal penelitian online yang menyediakan jurnal artikel gratis dalam format PDF, seperti: Pubmed, Google Scholar, Science Direct, Elsevier (SCOPUS) dan sumber relevan lainnya. Sumber-sumber lain seperti buku, hasil penelitian nasional, dan data kesehatan nasional juga digunakan. Tidak ada batasan dalam tanggal publikasi selama literatur ini relevan dengan topik penelitian. Namun, untuk menjaga agar informasi tetap mutakhir, informasi yang digunakan terutama dari literature yang dikumpulkan sejak sepuluh tahun terakhir.

1.6 Prosedur Manajemen Penulisan

Untuk mengatur penulisan *literatur review* ini maka langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah
2. Mengumpulkan informasi dari beberapa sumber yang berkaitan dengan topik studi
3. Tinjauan literatur
4. Untuk memastikan bahwa prosedur manajemen literatur yang disebutkan di atas sudah tepat, maka metode lain yang dilakukan penulis seperti diskusi intensif dengan pembimbing

BAB II

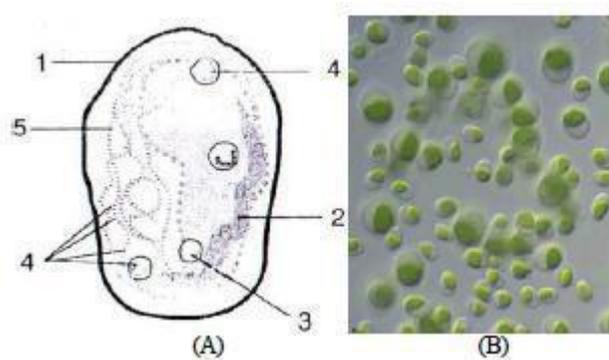
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Chlorella Vulgaris*

2.1.1 Deskripsi *Chlorella Vulgaris*

Mikroalga adalah kelompok tumbuhan mikro yang tergolong dalam alga, dengan diameter antara 3 - 30 μm . Sel tunggal dan koloni hidup di seluruh perairan tawar dan laut, dan biasa disebut fitoplankton. Dalam dunia mikroba, mikroalga adalah eukariotik, umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah (fikoeritrin).

Chlorella Vulgaris ditemukan pada tahun 1890 oleh seorang peneliti Belanda bernama Martinus Willem Beijerinck, yang menggambarannya sebagai "bola" ganggang hijau dengan inti yang jelas. *Chlorella vulgaris* adalah alga hijau dan dianggap sebagai pemasok bahan pangan yang dapat diandalkan di seluruh dunia. Mikroalga ini menyediakan protein, lipid, karotenoid, mineral, vitamin dan pigmen dalam jumlah besar. *Chlorella vulgaris* merupakan mikroalga kosmopolit yang sebagian besar hidup di lingkungan akuatik baik perairan tawar, laut, maupun payau juga ditemukan di tanah dan di tempat lembab. Sel *Chlorella vulgaris* memiliki tingkat reproduksi yang tinggi, setiap sel *Chlorella vulgaris* mampu berkembang menjadi 10.000 sel dalam waktu 24 jam.^{2,9,10}



Gambar 2.1 (A) Struktur *chlorella* sp. (1) Dinding sel (2) Kloroplast (3) Inti (4) Inklusi (5) Sitoplasma (B) *Chlorella vulgaris*

Sumber: Tiku YGS. Pengaruh Pemberian Extract *Chlorella Vulgaris* Gel Terhadap Bone Remodeling Pada Pemasangan Implan. 2018

2.1.2 Taksonomi *Chlorella Vulgaris*¹¹

Domain : Eukaryota
 Kingdom: Protista
 Division : Chlorophyta
 Class : Trebouxiophyceae
 Order : Chlorellales
 Family : Chlorellaceae
 Genus : Chlorella
 Spesies : Chlorella Vulgaris

2.1.3 Fisiologi *Chlorella Vulgaris*

Mikroalga adalah organisme aerobik fotosintetik yang ada di mana-mana yang mengandung cukup cahaya, air, dan nutrisi sederhana untuk memperpanjang hidupnya. Mikroalga menyesuaikan bentuk tubuhnya dengan lingkungan. Misalnya, mikroalga laut beradaptasi dengan fluktuasi konsentrasi garam di berbagai bagian lautan. Pigmen fotosintesis memiliki banyak efek.

Selain itu, adanya pigmen phycocyanin yaitu phycocyanin dan phycoerythrin mengubah sebagian alga menjadi coklat, sehingga menutupi warna hijau dari mikroalga, sehingga mengurangi penyerapan sinar matahari oleh mikroalga.¹²

2.1.4 Morfologi *Chlorella Vulgaris*

Chlorella vulgaris adalah mikroalga yang tergolong dalam alga hijau (chlorophyta). Bentuk sel *chlorella vulgaris* bulat dan elips, serta diameter sel antara 2-8 µm. *Chlorella vulgaris* berkembang biak dengan membelah diri dan membentuk spora. *Chlorella vulgaris* bersifat autotrof, yaitu dapat membentuk makanannya sendiri melalui fotosintesis. Alga *chlorella* merupakan jenis tumbuhan yang belum memiliki akar, batang dan daun sebenarnya, tetapi sudah memiliki klorofil sehingga bersifat autotrof. Tubuhnya terdiri dari satu sel (uniseluler), dan ada juga banyak sel (multiseluler). Uniseluler umumnya sebagai fitoplankton, sedangkan multiseluler dapat hidup sebagai nekton, bentos atau perifiton. Habitat mikroalga adalah perairan atau tempat yang lembab, sebagai epifit atau sebagai endofit. Mikroalga berkembang biak dengan cara vegetatif dan generatif.¹²

2.1.5 Metabolisme *Chlorella Vulgaris*¹³

Metabolisme mikroalga *chlorella vulgaris* terbagi menjadi 4, yaitu autotropik, heterotropik, miksotropik, dan fotoheterotropik.

a. Autotropik

Metabolisme mikroalga ditandai dengan penggunaan sumber karbon anorganik, yaitu CO₂ dan bikarbonat serta cahaya sebagai energy untuk fotosintesis. Metabolisme ini ada dua macam, yaitu system terbuka dan system tertutup. Metabolisme autotropik system terbuka adalah metode paling umum digunakan dan termudah untuk produksi massal biamassa.

b. Heterotropik

Organisme heterogen membutuhkan karbon organik sebagai nutrien karbon dan energi untuk menggantikan cahaya, karena cahaya dihasilkan dari fotobiorektor tertutup.

c. Miksotropik

Metabolisme mikrootropik dilakukan di bawah cahaya atau tanpa cahaya dari sumber karbon organik atau anorganik. Pertumbuhan kultur sel mikrootropik tidak hanya bergantung pada fotosintesis, tetapi cahaya tidak lagi menjadi faktor pembatas, sehingga cahaya dan sumber karbon organik berpengaruh pada mikroalga.

d. Fotoheterotropik

Kultivasi fotoheterotropik biasanya membutuhkan cahaya dan sumber karbon organik.

2.1.6 Kandungan Utama *Chlorella Vulgaris*^{8,11}

Kandungan utama dari *chlorella vulgaris* adalah protein, lemak, karbohidrat, pigmen, mineral dan vitamin.

a. Protein

Protein merupakan komponen terpenting dalam ikatan kimia dan komposisi mikroalga. Protein itu sendiri memainkan peran penting dalam pertumbuhan, perbaikan, dan pemeliharaan sel. Total protein dalam *Chlorella* adalah 42-58% dari berat biomassa kering dan bervariasi sesuai dengan kondisi pertumbuhannya. Protein juga memiliki banyak fungsi dan hampir terlibat dalam fungsi penting, seperti pertumbuhan, perbaikan dan pemeliharaan sel, serta penggerak sel, pembawa pesan kimiawi, pengatur aktivitas sel, dan pertahanan terhadap benda asing. Kandungan protein total *C. Vulgaris* dewasa adalah 42-58% dari bobot biomassa kering dan akan bervariasi tergantung pada kondisi pertumbuhan. Protein memiliki banyak fungsi, hampir 20% dari total protein terikat di dinding sel, 50% terikat di dinding sel, dan 30% bergerak keluar-masuk sel.

b. Lemak

Lipid adalah kelompok senyawa heterogen, yang didefinisikan tidak hanya dalam strukturnya, tetapi juga larut dalam pelarut non-polar tetapi relatif tidak larut dalam

air. Dalam kondisi pertumbuhan yang optimal, *Chlorella Vulgaris* dapat mencapai 5-40% lipid per berat kering biomassa kering, dan terutama terdiri dari glikolipid, lilin, hidrokarbon, fosfolipid dan sejumlah kecil asam lemak bebas. Komponen ini disintesis oleh kloroplas dan juga terletak pada membran organel (kloroplas dan membran mitokondria) seperti dinding sel.

c. Karbohidrat

Karbohidrat mewakili sekelompok gula dan polisakarida, seperti pati dan selulosa. Pati adalah polisakarida paling melimpah di *chlorella vulgaris*. Biasanya terletak di kloroplas, terdiri dari amilosa dan amilopektin, dan digunakan dengan gula sebagai penyimpanan energi untuk sel. Selulosa adalah polisakarida struktural yang terletak di dinding sel *chlorella vulgaris* dan bertindak sebagai penghalang serat pelindung. Selain itu, *chlorella vulgaris* memiliki dinding sel yang sangat kuat, terutama terdiri dari lapisan kitosan, selulosa, hemiselulosa, protein, lipid dan mineral. Komposisi gula dinding sel adalah campuran rhamnose, galaktosa, glukosa, xylose, arabinose dan mannose, sedangkan rhamnose adalah gula utama.

d. Pigmen

Pigmen yang paling melimpah pada *chlorella vulgaris* adalah klorofil, yang menyumbang 1-2% dari berat kering dan terletak di tilakoid. *Chlorella vulgaris* juga mengandung sejumlah besar karotenoid, yang bertindak sebagai pigmen tambahan dengan menangkap cahaya. Misalnya, β -karoten terkait dengan tetesan lipid dalam kloroplas, sedangkan karotenoid primer terkait dengan klorofil di tilakoid, yang menangkap energi cahaya dan mentransfernya ke fotosistem.

e. Mineral dan vitamin

Kandungan mineral seperti kalsium, zat besi dan vitamin D berperan besar dalam mineralisasi tulang, gigi, dan pengaturan kadar kalsium dan fosfor darah. Fosfor

adalah mineral utama tulang dan gigi, yang memberi kekuatan pada jaringan. Semua sel di dalam tubuh mengandung fosfor. Sekitar 66% fosfor di dalam tubuh terdapat pada tulang sebagai ikatan dengan garam kapur serta 33% terdapat di dalam jaringan lunak sebagai ikatan organik dan anorganik. Vitamin D merupakan hormone secosteroid yang sangat penting dalam proses penyerapan kalsium dan mineralisasi tulang. Vitamin D memudahkan penyerapan kalsium dari makanan, merangsang transportasi aktif dengan menginduksi sintesis protein pengikat kalsium pada sel mukosa usus.

2.1.7 Senyawa Bioaktif

Chlorella adalah genus mikroalga atau sel tunggal berwarna hijau alga yang hidup di air tawar, laut, dan lingkungan lembab. Chlorella berasal dari kata Yunani, chloros, yang artinya artinya dalam warna hijau, dan dari kata Latin disebut ella, yang menunjukkan ukuran mikroskopisnya. Chlorella vulgaris adalah salah satunya mikroalga hijau yang memiliki banyak manfaat untuk kehidupan manusia. Komponen bioaktif mikroalga memiliki manfaat sebagai antimikroba, antitumor, antioksidan, antivirus, antijamur, dan anti-inflamasi. Komponen bioaktif ini dapat menghasilkan kolagen; protein yang ada akan mendukung proses regenerasi sel, misalnya dalam pembuatan ulang tulang.¹⁴

2.2 Manfaat Dalam Kedokteran Gigi

2.2.1 Remodeling Tulang

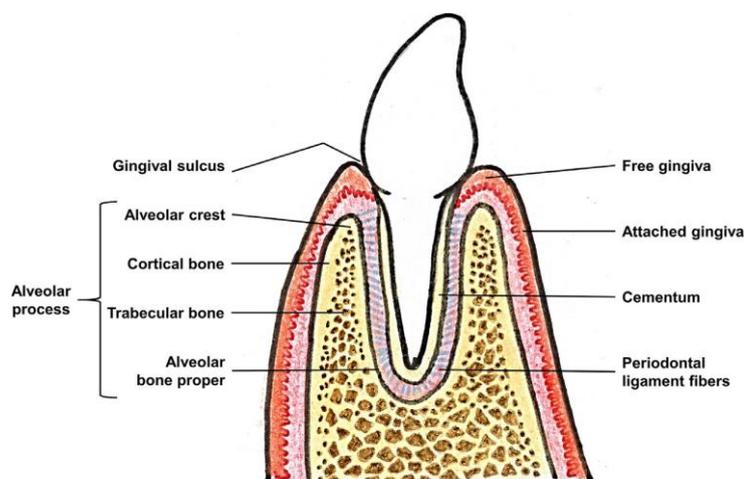
A. Tulang

Tulang adalah material komposit, terutama terbuat dari kolagen tipe I, dan pada tingkat yang lebih rendah terbuat dari proteoglikan non-kolagen lainnya. Selama proses biomineralisasi, kristal hidroksiapatit diletakkan untuk tumbuh. Ini menyerap tegangan melalui deformasi elastis dan menahan beban tinggi sebelum retak. Fase mineral terutama bertanggung jawab atas kemampuan untuk menahan deformasi (kekakuan), sedangkan serat kolagen memungkinkan penyerapan energi (ketangguhan). Oleh karena itu, setiap

bagian dari perubahan tersebut akan mempengaruhi sifat mekanik tulang, sehingga mempengaruhi resiko terjadinya patah tulang. Jaringan terdiri dari sel dan matriks intarsel. Matriks mengandung unsur organik, terutama serat kolagen, dan unsur anorganik, yang menyumbang dua pertiga dari berat tulang. Garam anorganik yang bertanggung jawab atas kekakuan dan kejurnya tulang adalah kalsium fosfat (sekitar 85%), kalsium karbonat (10%) dan sejumlah kecil kalsium fluorida dan magnesium fluorida. Serat kolagen sangat meningkatkan kekuatan tulang.^{15,16}

Tulang alveolar merupakan bagian penting dari alat pendukung gigi pada tulang maksilofasial. Proses alveolar yang sehat yang terdiri dari tulang alveolar, ligamen periodontal, dan sementum diperlukan untuk menjaga kesehatan gigi. Tidak seperti jaringan ikat lainnya, tulang merupakan jaringan ikat khusus yang keras dan elastis. Ini terutama bertanggung jawab untuk mendukung kulit jaringan lunak dan melindungi organ dalam. Mineralisasi serat kolagen dan protein non-kolagen dalam matriks tulang membantu meningkatkan kekakuan dan ketahanan tulang.

Meskipun mikrostruktur dan struktur sel tulang alveolar mirip dengan tulang di bagian lain tubuh manusia, kebutuhan fisiologis dan fungsional dari instrumen gigi membuatnya unik di antara semua jaringan tulang.



Gambar 2.2 Anatomi Alveolar

Sumber: Ramalingam S, Sundar C, Jansen JA, Alghamdi H. Alveolar Bone Science: Structural Characteristics And Pathological Changes Chapter 1. 2020

Tulang alveolar merupakan bagian khusus dari rahang bawah dan rahang atas, yang merupakan struktur pendukung utama gigi. Telah terus menerus diperbaharui untuk menyesuaikan dengan perubahan morfologi dan kebutuhan fisiologis dari struktur gigi yang dikandungnya. Tulang alveolar tersusun dari bundel tulang yang dibentuk berlapis-lapis dengan orientasi parallel sepanjang arah koronalapikal gigi.¹⁷

1) Komponen sel tulang¹⁸

a. Kondrosit

Berasal dari sel induk mesenchymal berpotensi majemuk. Berisi inti bulat atau oval dan retikulum endoplasma kasar menonjol yang mengandung bahan sekretori. Ekstensi sitoplasma memungkinkan kondrosit berinteraksi dengan matriks sekitarnya. Proliferasi kondrosit mengeluarkan kerangka tulang rawan yang kaya akan kolagen tipe II, yang membentuk kerangka endrokondral. Selain itu, kondrosit mengalami diferensiasi hipertrofik, mengeluarkan matriks kolagen tipe X yang termineralisasi, dan akhirnya apoptosa. Tulang rawan termineralisasi membentuk template untuk pembentukan tulang.

b. Osteoblas

Ini berbeda dari sel induk mesenkim, tetapi mungkin juga berasal dari sel lapisan tulang dan kondrosit potensial. Saat aktif, mereka memiliki badan Golgi yang besar dan retikulum endoplasma, yang penting untuk sintesis steroid yang cepat. Osteoblas memiliki tiga kemungkinan nasib: mereka bisa menjadi sel lapisan tulang, osteosit atau mengalami apoptosis. Mengeluarkan kolagen tipe 1 yang kaya akan matriks tulang dan mengatur mineralisasi matriks.

c. Osteoklas

Sel berinti banyak dibentuk oleh fusi prekursor yang berasal dari garis keturunan monosit / makrofag. Podosom meningkatkan adhesi pada permukaan tulang, dan pembentukan zona penyegelan menyediakan lingkungan mikro asam yang

terisolasi di mana osteoklas dapat melarutkan mineral dan mencerna matriks tulang. Mineral tulang dilarutkan oleh sekresi asam klorida, dan matriks tulang dipecah oleh sekresi enzim proteolitik termasuk cathepsin K.

d. Osteosit

Osteoblas berdiferensiasi akhir berumur panjang, terkubur di dalam tulang, dan mencakup lebih dari 90% dari semua sel tulang dewasa. Tampak pada jaringan antarsel yang kompleks, proses dendritik panjang bercabang di kanalikuli, melewati matriks tulang yang menghubungkan osteosit, dan menghubungkan osteosit ke sel lapisan tulang dan sel sumsum tulang, dalam jaringan antar sel yang kompleks. Sensor mekanis dapat mengubah sinyal pembentukan tulang, mengatur pemodelan dan pembentukan kembali tulang dengan mengatur efek osteoklas dan osteoblas.

2) Struktur Tulang¹⁸

Tulang merupakan kombinasi dari matriks osteoid dan kristal hidroksiapatit [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$], tetapi tulang juga mengandung air, protein non-kolagen, lipid dan sel tulang khusus. Matriks tulang kolagen tipe 1 dapat memberikan elastisitas, fleksibilitas, dan kekuatan tarik tulang. Serat kolagen terdiri dari tiga rantai heliks, yang dihubungkan bersama untuk membentuk fibril. Fibril kemudian dijalin menjadi satu dan disatukan dengan simpul silang. Non-kolagen yang diserap dari serum juga membentuk matriks. Peran protein ini semakin jelas, dan fungsi utamanya antara lain memperkuat struktur kolagen dan mengatur mineralisasinya. Mineral tulang dalam bentuk kristal hidroksiapatit adalah penyimpanan kalsium dan fosfat penting yang diperlukan untuk homeostasis mineral dan memberikan kekakuan mekanis dan kekuatan tekan pada tulang. Baru-baru ini, spektroskopi NMR telah memberikan wawasan baru tentang komposisi rinci tulang dan matriks mineral.

B. Remodelling Tulang

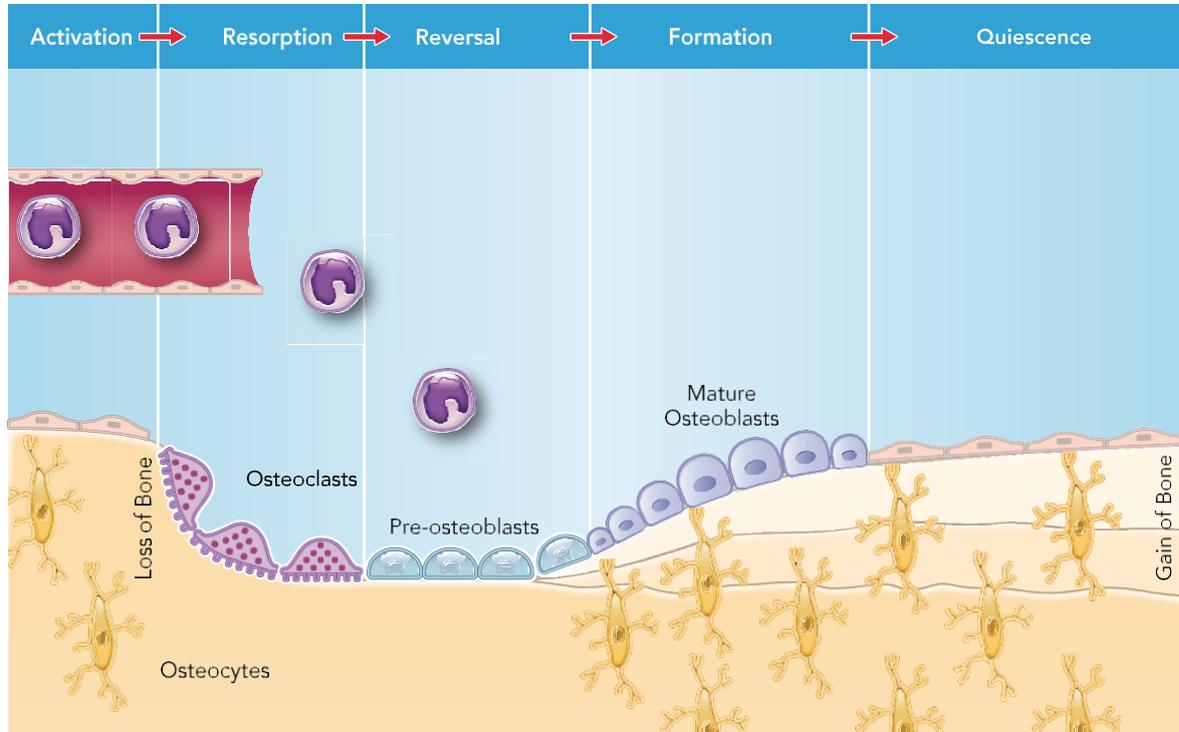
Selama hidup, tulang mengalami modeling dan remodeling untuk tumbuh dan berubah bentuk. Modeling tulang adalah proses perubahan tulang atau ukuran tulang sebagai respons menanggapi pengaruh fisiologis atau gaya mekanis yang dihadapi oleh kerangka, dan remodeling tulang adalah pembentukan kembali tulang sehingga tulang dapat mempertahankan kekuatan dan homeostasis mineralnya.

Dimasa kanak-kanak, modeling tulang (formasi dan pembentukan tulang) dan remodeling tulang (pergantian atau pembaharuan tulang lama) keduanya terjadi. Proses yang dominan pada masa kanak-kanak adalah modeling tulang, sedangkan proses yang dominan pada masa dewasa adalah remodeling tulang. Pengecualiannya adalah setelah patah tulang, ketika kita melihat peningkatan substansial dalam pembentukan tulang. Selama masa kanak-kanak dan remaja, pertumbuhan tulang terjadi secara longitudinal dan radial, sedangkan pada lempeng pertumbuhan terjadi secara longitudinal, sehingga ukurannya meningkat. Tulang rawan pertama kali berkembang biak di daerah epifisis dan metafisis tulang panjang sebelum menjalani mineralisasi untuk membentuk tulang baru.¹⁹

1) Siklus Remodeling Tulang

Siklus remodeling terdiri dari tujuh fase berurutan, yaitu ketenangan, aktivasi, resorpsi, pembalikan, pembentukan, mineralisasi, dan penghentian. Aktivasi mendahului resorpsi, yang mendahului pembalikan, dengan penghentian sebagai langkah terakhir. Tahap pertama dari remodeling tulang melibatkan pendeteksian sinyal remodeling yang dimulai, yang biasanya digambarkan sebagai resorpsi osteoklas. Dalam fase resorpsi, osteoblas merespons sinyal yang dihasilkan oleh osteosits atau sinyal aktivasi endokrin langsung untuk merekrut prekursor osteoklas ke tempat pemodelan ulang. Bergantung pada tingkat stimulasi yang menyebabkan diferensiasi dan aktivitas osteoklas, durasi fase absorpsi dibatasi. Ini diikuti oleh fase pembalikan, yang ditandai dengan lenyapnya hampir semua osteoklas. Tahap pembentukan ditandai dengan penggantian lengkap osteoklas dengan osteoblas.

Sinyal untuk penghentian renovasi tulang termasuk diferensiasi terminal dari osteoblas. Pertahankan lingkungan permukaan tulang sampai gelombang pembentukan kembali berikutnya dimulai.²⁰



Gambar 2.3 Fisiologis Remodeling Tulang

Sumber: Siddiqui JA, Partridge NC. Physiological Bone Remodeling: Systemic Regulation and Growth Factor Involvement. Physiology. 2016

a. Aktivasi

Sel-sel osteoklas direkrut dari sirkulasi dan diaktifkan; ketika sel-sel lapisan terpisah dari tulang di bawahnya dan membentuk kanopi yang menutupi situs yang akan diserap, permukaan tulang terbuka. Beberapa sel mononuklear bergabung membentuk preosteoklas berinti banyak. Osteoklas ini bergabung dengan matriks tulang untuk membentuk area tertutup di sekitar rongga resorpsi tulang, dengan demikian mengisolasi lubang resorpsi dari tulang sekitarnya. Awal dari remodeling tulang adalah langkah pertama yang penting, memastikan bahwa remodeling dilakukan hanya jika diperlukan dalam hal kesehatan. Dalam remodeling yang ditargetkan, yang mengacu pada pengangkatan area tertentu dari tulang yang rusak atau tua, sinyal awal berasal dari osteosit yang menggunakan jaringan dendritik

untuk mengirim sinyal ke sel lain. Apoptosis osteosit, seperti yang diinduksi oleh gangguan kanalikuli osteosit yang disebabkan oleh kerusakan mikro pada matriks tulang, mengarah pada pelepasan faktor parakrin, sehingga meningkatkan angiogenesis lokal dan perekrutan osteoklas dan prekursor osteoblas. Sebaliknya, remodeling non-target mengacu pada remodeling sebagai respons terhadap perubahan sistemik pada hormon (seperti PTH), sehingga memungkinkan akses ke penyimpanan kalsium tulang tanpa dialihkan ke lokasi tertentu.¹⁸

b. Resorpsi

Diferensiasi dan aktivasi osteoklas juga diatur oleh osteosit. Penataan ulang sitoskeleton osteoklas menghasilkan adhesi pada permukaan tulang, pembentukan area segel dan pembentukan batas kerutan, yang memberikan area permukaan sekresi yang sangat meningkat. Awalnya, osteoklas memompa proton yang dihasilkan oleh *Carbonic Anhydrase II* ke dalam ruang absorpsi untuk melarutkan mineral tulang. Secara khusus, H⁺-ATPase memompa H⁺ ke dalam ke kosongan; hal ini digabungkan dengan transpor Cl⁻ melalui saluran klorida sehingga mempertahankan kenetralan listrik. Selain itu, matriks tulang yang kaya kolagen didegradasi oleh protease seperti cathepsin K dan matriks metaloproteinase. Kematian sel osteoklas yang terprogram mengakhiri fase resorpsi, memastikan bahwa resorpsi yang berlebihan tidak terjadi.¹⁸

c. Pembalikan (Reversal)

Fase pembalikan resorpsi tulang masih belum dipahami dengan baik. Namun, diperkirakan telah terjadi dua peristiwa penting. Pertama, persiapan permukaan tulang yang baru diserap untuk deposisi matriks tulang baru, dan kemudian pengiriman sinyal bahwa pasangan tersebut diserap kembali untuk memastikan bahwa tidak ada kehilangan tulang bersih. Persiapan permukaan tulang dilakukan dengan menghilangkan matriks kolagen yang tidak termineralisasi oleh sel-sel dari

garis keturunan osteoblas, dan kemudian menyimpan matriks non-kolagen "garis semen" untuk meningkatkan adhesi osteoblas.¹⁸

d. Pembentukan (Formation)

Pembentukan tulang baru dapat dibagi menjadi dua bagian. Pertama, osteoblas mensintesis dan mengeluarkan matriks osteoid yang kaya akan kolagen tipe 1. Kedua, osteoblas berperan dalam mengatur mineralisasi tulang. Proses mineralisasi tulang dalam mengendapkan Kristal hidroksiapatit di antara fibril kolagen, dan pengaturannya belum sepenuhnya dipahami. Secara sistematis mengatur konsentrasi kalsium dan fosfat, konsentrasi lokal kalsium dan fosfat dalam vesikel matriks ekstraseluler, dan penghambat mineralisasi lokal (termasuk pirofosfat dan protein non-kolagen seperti osteopontin). Rasio pirofosfat anorganik ke fosfat merupakan pengatur penting mineralisasi, dan aktivitas relatif jaringan non-spesifik alkali fosfatase dan eksonukleotida pirofosfatase adalah penentu utama rasio ini.¹⁸

e. Penghentian (Termination)

Setelah mineralisasi selesai, osteoblas mengalami apoptosis, menjadi sel lapisan tulang atau terkubur dalam matriks tulang, dan akhirnya berdiferensiasi menjadi sel tulang. Osteosit memainkan peran kunci dalam sekresi antagonis osteogenesis, terutama antagonis jalur pensinyalan Wnt, seperti sekresi SOST, untuk menandakan penghentian remodeling.¹⁸

2.2.2 Implan Gigi

Implan gigi adalah alat yang dimasukkan melalui pembedahan ke tulang alveolar rahang atas dan/atau rahang bawah untuk memulihkan gigi yang hilang. Idealnya, implan gigi harus bersentuhan langsung dengan tulang: fenomena ini disebut osseointegrasi. Untuk meningkatkan osseointegrasi, telah diteliti berbagai modifikasi pada permukaan implan seperti perawatan permukaan dan pelapisan permukaan. Dalam beberapa dekade terakhir,

banyak kemajuan telah dibuat dalam ilmu biomaterial implan gigi dan aplikasi klinis implan gigi. Penentu terpenting keberhasilan perawatan dengan implan gigi adalah ketersediaan struktur tulang yang memadai. Agar implan gigi berhasil, tulang harus cukup secara kuantitatif (berkaitan dengan tinggi dan / atau lebar) dan secara kualitatif (banyak vaskularisasi). Kurangnya struktur tulang yang memadai merupakan penghalang umum untuk pemasangan implan gigi dan juga penyebab umum kegagalan implan setelah pemasangan, baik pada fase penyembuhan / osseointegrasi dan pada fase restorasi. Keberhasilan perawatan implan gigi adalah karena umur panjang dan biokompatibilitasnya. Terutama karena kemampuannya yang luar biasa untuk berintegrasi ke dalam rahang, mereka telah disetujui secara klinis. Fenomena osseointegrasi ditandai dengan ikatan biologis antara permukaan implan titanium dan tulang, sehingga berkontribusi pada stabilitas klinis dan fiksasi implan gigi. Selain itu, sistem evolusi implan gigi dengan desain dan modifikasi permukaan yang berbeda memang didedikasikan untuk meningkatkan keberhasilan osseointegrasi. Pada gilirannya, ini membantu menyederhanakan protokol bedah dan perbaikan implan, seperti pemuatan segera atau pemuatan awal. Meskipun berbagai sistem, bahan, dan teknik implan tersedia, biasanya studi tersebut bukan penelitian berbasis bukti, dan oleh karena itu, memilih implan yang tepat untuk pasien yang tepat merupakan tantangan serius bagi dokter.

Oleh karena itu, dokter harus lulus penilaian yang ketat dan mengemukakan rekomendasi mereka sendiri untuk metode perawatan implan tertentu, tidak hanya mempertimbangkan persyaratan fisiologis dan fungsional pasien, tetapi juga dengan mempertimbangkan kewajiban moral, profesional dan medis.^{21,22,23}

2.2.3 Antibakteri

Chlorella vulgaris adalah salah satu mikroalga yang dikenal sebagai pemasok bahan

pangan yang andal di seluruh dunia. Mikroalga ini adalah sumber protein, lipid, karotenoid, mineral, vitamin, dan pigmen yang sangat baik. Selain itu, ekstrak *chlorella vulgaris* ini memiliki efek antibakteri pada berbagai strain bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Escherichia coli*. Aktivitas antibakteri *chlorella vulgaris* dikaitkan dengan keberadaan peptida siklik, terpenoid, alkaloid, steroid, dan tanin.¹⁰

2.2.4 Anti-inflamasi

Chlorella vulgaris dianggap sebagai obat antiinflamasi karena dapat mengurangi sekresi sitokin yang terkait dengan aktivitas inflamasi, seperti jenis interleukin (IL) tertentu dan metaloproteinase matriks (MMP) tertentu yang menyebabkan kerusakan jaringan. matriks. Aktivitas manusia yang disebabkan oleh *Chlorella vulgaris* mungkin juga terkait dengan pertumbuhan dan perkembangan fibroblas.⁵