

**MODIFIKASI PERMUKAAN TITANIUM IMPLAN SECARA KIMIAWI DALAM
MENINGKATKAN PROSES OSSEOINTEGRASI PADA PERAWATAN IMPLAN**

LITERATURE REVIEW

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai Gelar
Sarjana Kedokteran Gigi*



DISUSUN OLEH :

ADE LOLA ZAFIRA

J011201094

DEPARTEMEN PROSTODONSIA

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**MODIFIKASI PERMUKAAN TITANIUM IMPLAN SECARA KIMIAWI
DALAM MENINGKATKAN PROSES OSSEOINTEGRASI PADA
PERAWATAN IMPLAN**

LITERATURE REVIEW

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai Gelar
Sarjana Kedokteran Gigi*

DISUSUN OLEH :

ADE LOLA ZAFIRA

J011201094

DEPARTEMEN PROSTODONSIA

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN


Judul : Modifikasi Permukaan Titanium Implan Secara Kimiawi Dalam
Meningkatkan Proses Osseointegrasi Pada Perawatan Implan.

Oleh : Ade Lola Zafira / J011201094

Telah Diperiksa dan Disahkan
Pada Tanggal 23 November 2023

Oleh :

Pembimbing



drg. Irian Dammar, Sp. Pros., Subsp. MFP (K).
NIP. 19770630 200904 1 003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hasanuddin



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

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tercantum dibawah ini:

Nama : Ade Lola Zafira

NIM : J011201094


Judul : Modifikasi Permukaan Titanium Implan Secara Kimiawi Dalam
Meningkatkan Proses Osseointegrasi Pada Perawatan Implan

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

Makassar, 24 November 2023

Koordinator Perpustakaan FKG UNHAS




Amiruddin, S.Sos

NIP. 19661121 199201 1 003

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ade Lola Zafira

NIM : J011201094

Dengan ini menyatakan skripsi yang berjudul **“Modifikasi Permukaan Titanium Implan Secara Kimiawi Dalam Meningkatkan Proses Osseointegrasi Pada Perawatan Implan”** adalah benar merupakan karya sendiri dan tidak melakukan tindakan plagiat dalam penyusunanya. Adapun kutipan yang ada didalam 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, 24 November 2023



Ade Lola zafira

NIM J011201094

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum warrahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan ridha serta karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**Modifikasi Permukaan Titanium Implan Secara Kimiawi Dalam Meningkatkan Proses Osseointegrasi Pada Perawatan Implan**” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program pendidikan sarjana (S1) di Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Hasanuddin.

Proses penyelesaian skripsi ini merupakan perjuangan yang cukup panjang bagi penulis. Tanpa bantuan, motivasi, dan do’a dari berbagai pihak, penulis tidak dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu, penulis sangat bersyukur dan mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Melalui skripsi ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Allah Subhanahu Wa ta’ala** karena atas izin dan karunia-Nya penulis dimudahkan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Kepada kedua orang tua, Ibunda **Fitrotuz Zahrowati** dan ayahanda **Duleh** atas konsistensinya dalam membesarkan penulis. Terima kasih kepada Tante **Zuiyyina Zahrini**, sepupu penulis **Zia Assya’Atur Rohma** yang telah memberikan dukungan baik berupa moral dan materil serta do’a yang tiada hentinya kepada penulis selama ini.

3. **drg. Irfan Sugianto, M.Med.Ed., Ph.D**, selaku dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan motivasi kepada seluruh mahasiswa dalam proses penyelesaian skripsi.
4. **drg. Irfan Dammar, Sp., Subsp. PMF (K).**, selaku dosen pembimbing dalam penulisan skripsi ini yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, arahan sehingga skripsi ini dapat penulis selesaikan.
5. **drg. Ayub Irmadani Anwar, M.Med.Ed** selaku dosen Penasehat Akademik (PA) yang telah memberikan dukungan dan bimbingan kepada penulis selama studi hingga penyusunan skripsi ini.
6. **Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp.Pros., Subsp. OGST (K).**, dan **Prof. Dr. drg. Bahruddin Thalib, M.Kes., Sp.Pros., Subsp. PKIKG (K).**, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan selama proses penyelesaian skripsi ini.
7. **Seluruh Dosen, Staf akademik, Staf Tata Usaha, dan Staf Perpustakaan FKG UNHAS** serta **Staf Departemen Prostodonsia** yang telah banyak membantu penulis.
8. **Erika ramadhani** selaku teman seperbimbingan yang telah bekerja sama dan memberikan bantuan selama proses penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman angkatan **ARTIKULASI 2020**, terima kasih atas kerja sama dan dukungannya selama ini, semoga kesuksesan menghampiri kita semua.
10. Teman-temanku **Nurul Farhani, Yusnita Damayanti, Shohwah Zakiyah, Ummul Khaer Said, Sri Nersi Palette, Aqilah Abda** dan **Rizky Amalia**

selaku *support system* baik selama masa studi hingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga kita semua bisa sukses bersama.

11. Teman penulis **Bertha Dwilia** dan **Delsiana Tasik** yang telah memberikan dukungan, menghibur, menemani, mendengar keluh kesah penulis, serta membantu penulis dalam mengambil keputusan baik dalam penyusunan skripsi ini maupun selama masa perkuliahan. Semoga hubungan pertemanan kita tidak putus hingga berada pada kesuksesan masing-masing.
12. Pihak-pihak lain yang membantu secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian skripsi ini, semoga Allah SWT memberikan balasan lebih dari sekedar ucapan terima kasih dari penulis. Terima kasih sebesar-besarnya atas segala bantuan, dukungan, bimbingan dan do'a yang telah diberikan kepada penulis.

Makassar, 24 November 2023



Penulis

ABSTRAK

MODIFIKASI PERMUKAAN TITANIUM IMPLAN SECARA KIMIAWI DALAM MENINGKATKAN PROSES OSSEOINTEGRASI PADA PERAWATAN IMPLAN

Ade Lola Zafira¹, Irfan Dammar²

¹Mahasiswa S1 Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin,

²Dosen Departemen Prostodonsia Fakultas Kedokteran Gigi Universitas
Hasanuddin

Latar Belakang: Menurut Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2018 indeks kehilangan gigi di Indonesia sebesar 19%. Dental implan merupakan salah satu perawatan dalam kasus kehilangan gigi. Peningkatan prevalensi pengguna implan gigi sebesar 14% pertahun. Bahan implan yang digunakan sangat beragam salah satu material yang sering digunakan adalah titanium. Material (TI) memiliki nilai biokompatibilitas yang tinggi namun perlu dilakukan modifikasi pada permukaan material ini untuk mempercepat osseointegrasi. Modifikasi permukaan secara kimia akan mengubah sifat kimia permukaan pembawa untuk dapat menghasilkan interaksi yang spesifik antara molekul permukaan sel, yang bukan hanya mempengaruhi sifat permukaan sel tapi juga menyebabkan perubahan dalam struktur internal dan fungsi sel. **Tujuan:** Penulisan kajian literature ini bertujuan untuk mengetahui berbagai metode kimia yang dapat digunakan dalam modifikasi permukaan titanium implan dalam meningkatkan proses osseointegrasi serta bagaimana pengaruh metode tersebut dalam mempercepat proses osseointegrasi dalam perawatan implan. **Metode:** *Literature riview* merupakan peninjauan kepustakaan kembali untuk mengetahui, membandingkan serta menghubungkan hasil penelitian yang telah ada yang berkaitan dengan rumusan masalah. Penelusuran dan penelitian dapat dilakukan melalui sumber buku, jurnal, review artikel dan terbitan-terbitan lain yang terkait dengan topik. **Hasil:** Berdasarkan kajian literature dan analisis jurnal yang telah dilakukan, modifikasi yang dapat dilakukan pada permukaan titanium dental implan paling baik dalam mempercepat proses osseointegrasi adalah dengan menggabungkan beberapa metode, yaitu penggabungan metode fisik, kimia dan biologi. **Kesimpulan:** Modifikasi yang dilakukan pada permukaan titanium dental implan dapat merubah morfologi dan sifat permukaan implan sehingga dapat merangsang pertumbuhan tulang di sekitar implan dan meningkatkan proses osseointegrasi.

Kata Kunci: modifikasi permukaan secara kimiawi, implan gigi titanium, osseointegrasi.

ABSTRACT

CHEMICAL MODIFICATION OF THE SURFACE OF TITANIUM DENTAL IMPLANTS TO IMPROVE THE OSSEOINTEGRATION PROCESS IN IMPLANT TREATMENT

Ade Lola Zafira¹, Irfan Dammar²

¹Undergraduate Student of the Faculty of Dentistry, Hasanuddin University,

*²Lecture of the Department of Prosthodontics Faculty of Dentistry,
Hasanuddin University*

Background: According to Basic Health Research (RISKESDAS) in 2018, the tooth loss index in Indonesia is 19%. Dental implants are one of the treatments in cases of tooth loss. The prevalence of dental implant users is increasing by 14% every year. The implant materials used are very diverse, one of the materials often used is titanium. Titanium (TI) has a high biocompatibility value, but modifications need to be made to the surface of this material to speed up osseointegration. Chemical surface modification will change the chemical properties of the carrier surface to produce specific interactions between cell surface molecules that not only affect the properties of the cell surface but also cause changes in the internal structure and function of the cell. **Objective:** this literature review aims to determine various chemical methods that can be used to modify the surface of titanium implants to improve the osseointegration process and how these methods influence the acceleration of the osseointegration process in implant treatment. **Method:** literature review is a review of literature to compare and relate existing research results related to the problem formulation search and research can be done through book source, journal reviews of articles and past publications related to the topic. **Results:** Based on literature review and journal analysis, the best modification that can be made to the surface of titanium dental implant is accelerating the osseointegration process is by combining physical methods, chemical methods and biological methods. **Conclusion:** Modifications made to the surface of titanium dental implants can change the morphology and surface properties of the implant so that it can stimulate bone growth around the implant and increase the osseointegration process.

Keywords: chemical surface modification, titanium dental implant, osseointegration.

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
PERNYATAAN.....	v
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	5
I.3 Tujuan Penulisan	5
I.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Dental Implant	6
2.2 Osseointegrasi	18
2.3 Tahapan Penyembuhan Tulang pada Implant Gigi	22
2.4 Permukaan dental implant	24
2.5 Modifikasi permukaan dental implant secara kimia	26
2.5.1 Acidic treatment	26
2.5.2 Alkalie treatment.....	28
2.5.3 Sol-Gel	28
2.5.4 Anodic oxidation	29
2.5.5 Chemical vapor deposition method (CDV).....	31
2.6 Kerangka Teori.....	33

BAB III METODE PENULISAN	34
3.1 Jenis Penulisan.....	34
3.2 Sumber Data	34
3.3 Metode Pengumpulan Data	35
3.4 Kriteria Inklusi dan ekslusi	36
3.5 Prosedur Manajemen Penulisan	36
BAB IV PEMBAHASAN.....	37
4.1 Analisis Sintesa Jurnal.....	49
4.2 Analisis Persamaa dan Perbedaan Jurnal	58
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Menurut Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2018 indeks kehilangan gigi di Indonesia sebesar 19%, persentase kehilangan gigi pada usia 25-34 tahun sebesar 12,1% yang semakin meningkat pada usia 65 tahun keatas (30,6%)¹. Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia usia 18-25 merupakan kategori usia dewasa muda. Pada kategori usia ini didapatkan kasus kehilangan gigi banyak terjadi. Menurut RISKESDAS tahun 2018 kelompok dewasa muda usia 15 tahun sampai 24 tahun sebesar 2,8% mengalami kasus kehilangan gigi. Kehilangan gigi akibat dari rusaknya jaringan keras gigi atau periodontal dapat mengakibatkan banyak permasalahan seperti berkurangnya fungsi pengunyahan, migrasi gigi, fonetik, masalah pada temporomandibular, dan bahkan dapat menyebabkan berkurangnya kualitas hidup serta kesehatan. Beberapa solusi terhadap kehilangan gigi yakni penggantian gigi yang telah hilang dengan protesa lepasan maupun protesa cekat. Protosa lepasan dapat digunakan untuk menggantikan fungsi gigi yang hilang, namun tidak mampu untuk menjaga tulang alveolar serta memiliki tingkat kenyamanan yang cukup rendah. Sedangkan, protosa cekat seperti gigi tiruan jembatan dan implan gigi mampu memberikan solusi kenyamanan dan mampu menyatu dengan rongga mulut karena tidak perlu dilepas pasang.^{2,3}

Dental implan merupakan protesa cekat yang dapat menggantikan fungsi dari gigi yang telah hilang tanpa mereduksi gigi tetangga. Terdapat peningkatan besar pada prevalensi implan gigi, dari 0,7% pada tahun 1999-2000 hingga menjadi 5,7% pada tahun 2015 hingga 2016. Peningkatan absolut prevalensi terjadi sebesar 12,9% pada individu yang berada pada usia 65 hingga 74 tahun. Sedangkan peningkatan relative terjadi pada usia 55 hingga 64 tahun. Sehingga didapatkan peningkatan prevalensi pengguna implan gigi sebesar 14% pertahun. Dental implan merupakan sebuah pilihan perawatan yang dapat diandalkan dalam merehabilitasi berbagai kasus kehilangan gigi, baik sebagian ataupun penuh. Perawatan ini merupakan salah satu metode yang dapat mengembalikan fungsi kunyah, estetis, dan fungsi bicara serta mampu memberikan kualitas hidup yang lebih baik jika dibandingkan dengan gigi tiruan konvensional.^{4,5}

Implan gigi digunakan sebagai pengganti gigi yang ditanamkan secara invasif ke dalam tulang alveolar rahang, tentunya akan memicu adanya reaksi antigen antibodi karena implan tersebut dianggap sebagai suatu benda asing yang menginvasi tubuh. Kemudian bahan akan ditanamkan dan akan terjadi reaksi antara jaringan hidup dan permukaan material. Secara tidak langsung, reaksi ini melibatkan biokompatibilitas bahan yang digunakan.⁶

Biokompatibilitas adalah kemampuan dari suatu material untuk beradaptasi pada suatu jaringan. Proses adaptasi tersebut diartikan sebagai kondisi yang saling berhubungan antara biomaterial dengan lingkungan fisiologis yang tidak saling menimbulkan efek negatif. Salah satu bahan yang digunakan dalam

implan gigi yakni titanium. Titanium adalah sejenis logam yang memiliki sifat reaktif tinggi, atau dengan kata lain secara pasif mampu membentuk lapisan pelindung oksida sehingga resisten terhadap korosi.⁶ Titanium memiliki kekuatan tinggi, modulus elastisitas yang tinggi, kepadatan yang rendah serta ringan. Oleh karena itu, titanium banyak digunakan dalam bidang kedokteran gigi. Titanium dipilih karena memiliki sifat biokompatibilitas yang tinggi serta memiliki sifat unik, yang berhubungan dengan proses osseointegrasi.

Istilah “osseointegrasi” ini pertama kali diperkenalkan oleh *Branemark* untuk menggambarkan bukti histologi yang menunjukkan kesuksesan dari perawatan implan gigi setelah ditempatkan pada tulang alveolar. Osseointegrasi pada implan gigi mencerminkan fiksasi biologis dan mekanis dari perlekatan implan kedalam tulang alveolar dibawah fungsi klinis yang normal. Proses osseointegrasi ini memakan waktu hingga berminggu-minggu. Setelah implantasi, terjadi interaksi antara sel tulang dan implan yang diikuti oleh proses regenerasi tulang. Setelah itu, mineralisasi tulang (*remodeling*) terjadi. Mineralisasi tulang yang optimal, akan memastikan kualitas *bone to implant contact* (BIC) dan akan memberikan stabilitas biomekanik jangka panjang.⁷ Dalam perawatan implan gigi perlu adanya suatu metode untuk meningkatkan osseointegrasi. Salah satunya yakni melalui pengembangan karakteristik permukaan implan.

Pada perawatan implan gigi, modifikasi permukaan implan dianggap sebagai suatu pendekatan yang sangat penting dalam mendukung proses osseointegrasi. Menurut penelitian yang dilakukan menemukan bahwa

peningkatan kekuatan sel-sel osteoblast dan kekasaran pada permukaan implan mempengaruhi laju osseointegrasi.⁷ Dalam dua dekade terakhir, berbagai modifikasi permukaan telah diusulkan dan dipelajari untuk meningkatkan proses osseointegrasi dalam perawatan implan gigi. Hal ini digunakan dalam memodifikasi topografi permukaan dan energi permukaan dalam menghasilkan maupun meningkatkan keterbasahan, peningkatan proliferasi dan pertumbuhan sel, serta percepatan proses osseointegrasi. Dengan kata lain, kualitas implan gigi tergantung pada sifat permukaannya. Untuk mendapatkan interaksi jaringan dan osseointegrasi yang baik, maka biokompatibilitas material serta kekasaran permukaan memainkan peran yang sangat penting. Peningkatan kekasaran ini secara bersamaan meningkatkan perlekatan dan proses osseointegrasi.^{8,9}

Salah satu metode yang digunakan dalam modifikasi permukaan implan yakni perlakuan secara kimia. Modifikasi secara kimia akan mengubah sifat kimia permukaan pembawa untuk dapat menghasilkan interaksi yang spesifik antara molekul permukaan sel, yang bukan hanya mempengaruhi sifat permukaan sel tapi juga menyebabkan perubahan dalam struktur internal dan fungsi sel.¹⁰ Modifikasi permukaan titanium implan secara kimia dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *Sol-gel*, *Acidic Treatment*, *Chemical Vapor Deposition Methods (CDV)*, *Hydrogen Peroxide Treatment* dan lainnya. Kajian ini akan berfokus untuk melihat pengaruh modifikasi permukaan titanium implan secara kimiawi dengan beberapa metode dalam mempercepat proses osseointegrasi.

I.2 Rumusan Masalah

1. Apa saja metode kimia yang dapat digunakan dalam modifikasi permukaan titanium implan dalam meningkatkan proses osseointegrasi?
2. Bagaimana pengaruh metode permukaan titanium implan secara kimiawi dalam mempercepat proses osseointegrasi dalam perawatan implan?

I.3 Tujuan Penulisan

1. Mengetahui berbagai metode kimia yang dapat digunakan dalam modifikasi permukaan titanium implan dalam meningkatkan proses osseointegrasi
2. Mengetahui pengaruh metode permukaan titanium implan secara kimiawi dalam mempercepat proses osseointegrasi dalam perawatan implan.

I.4 Manfaat Penelitian

1. Kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai berbagai metode kimia yang dapat digunakan dalam modifikasi permukaan titanium implan dalam meningkatkan proses osseointegrasi
2. Kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh modifikasi permukaan titanium implan secara kimiawi dalam mempercepat proses osseointegrasi dalam perawatan implan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dental Implant

2.1.1 Definisi

Pada kasus-kasus kehilangan gigi yang dibiarkan terlalu lama dapat menyebabkan pindahnya gigi atau yang dikenal dengan istilah *migrasi*, penurunan tulang alveolar pada daerah yang *edentulous*, terganggunya fungsi pengunyahan dan bicara serta dapat berpengaruh terhadap sendi temporomandibular karena terganggunya oklusi. Idealnya oklusi yang baik memungkinkan mandibular bertanslasi saat terjadi gerakan fungsional, khususnya pada gigi posterior sehingga distribusi beban menjadi merata.¹¹

Dental implant pertama kali diperkenalkan oleh *Peringvar Branemark* dengan konsep osseointegrasi implan kedalam tulang. Dental implant menjadi salah satu alternatif terbaik dalam penanganan kasus kehilangan gigi. Penggunaan dental implant dapat membantu dalam pengembalian simetris fungsional gigi sehingga dapat membantu dalam menjaga kepadatan dan bentuk tulang rahang. Salah satu keuntungan dalam penggunaan dental implant adalah kemampuannya berdiri sendiri tanpa dukungan struktur sekitar seperti kasus-kasus dengan penanganan preparasi gigi tetangga pada restorasi *bridge work*. Penggunaan dental implant memiliki tingkat kesuksesan mencapai 91% dalam kurun waktu 10 tahun pada kasus kehilangan gigi. keberhasilan

dental implant ini dapat dilihat dengan beberapa parameter, antara lain seperti fungsi klinis seperti pengembalian fungsi pengunyahan dan bicara, nilai estetik, kepuasan pasien, stabilitas protesa, tidak ditemukannya infeksi jaringan lunak peri-implan, implan tidak goyang, tidak ada rasa sakit yang dikeluhkan pasien, serta tidak adanya kehilangan tulang jika dilihat dari pemeriksaan radiologi.^{3,5,12}

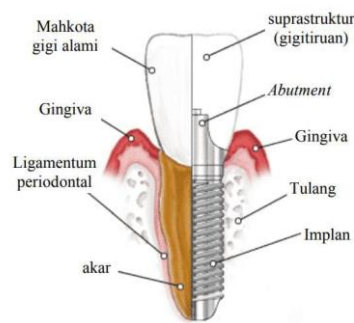
2.1.2 Bagian-bagian dental implan

Implan sendiri dibagi atas beberapa bagian, yakni:¹³

- a. Badan implan, bagian ini merupakan bagian implan yang ditempatkan dibagian dalam tulang. Komponen ini dapat berupa silinder yang memiliki ulir ataupun tanpa ulir, bentuknya yang menyerupai akar dan pipih. Bahan yang biasanya digunakan yakni bahan titanium maupun alloy titanium dengan lapisan hidroksi apatit, (HA), namun ada beberapa dijumpai tanpa lapisan.
- b. *Healing cap*, bagian ini merupakan komponen implan yang memiliki bentuk seperti kubah yang ditempatkan pada permukaan implan sebelum penempatan *abutment*. Komponen implan ini memiliki ukuran yang bervariasi antara 2-10 mm.
- c. *Abument*, bagian dental implant ini merupakan komponen yang dimasukkan atau disekrupkan masuk secara langsung ke dalam badan implan, dipasang untuk menggantikan *healing cap*, juga merupakan tempat melekatnya mahkota porselen. Bagian ini

berbahan titanium ataupun *alloy* dengan permukaan yang halus dan memiliki panjang 1-10 mm.

- d. Mahkota (*Crown*), merupakan bagian protesis gigi yang diletakkan pada permukaan *abutment* dengan sementasi (*tipe cemented*) atau dengan sekrub (*tipe Scewed*) sebagai pengganti mahkota dari gigi yang mengalami kehilangan.

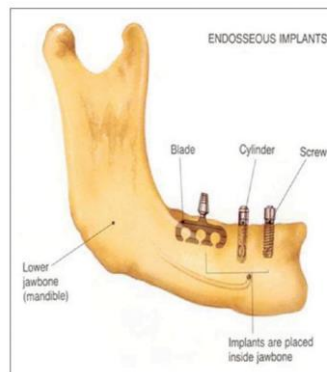


Gambar 1: dental implant dengan gigi alami beserta bagian bagiannya¹⁴

2.1.3 Jenis dental implant

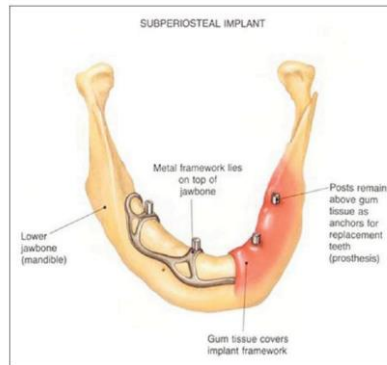
- a. *Endosteal* dental implant, merupakan implan yang diletakkan dalam tulang alveolar atau tulang basal yang dimasukkan dengan tindakan bedah. *Endosteal* dental implant merupakan jenis implan yang paling umum digunakan untuk perawatan pada kasus-kasus *edentulous parsial* maupun total. *Implant endosteal* terdiri atas *plate implant* atau *blade* yang merupakan dental yang pertama digunakan dengan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi meski dikategorikan sulit dalam penempatannya, serta *rootform implant* yang memiliki nilai adaptasi yang baik pada berbagai area intraoral,

efek samping yang rendah, dan preparasi yang sama pada area yang akan dipasang. Bahan yang umum dipakai pada jenis dental implant ini adalah titanium atau *alloy titanium* dengan atau tanpa lapisan hidroksiapatit (HA).¹⁵



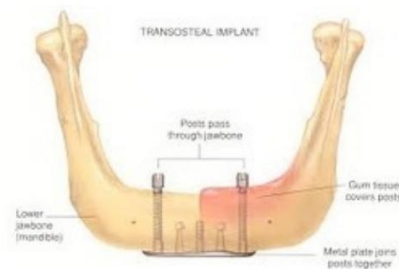
Gambar 2: *Endosteal* dental implant¹⁶

- b. *Subperiosteal*, implan ini merupakan implan yang ditempatkan dibawah *periosteum*. Jenis implan ini digunakan dalam pada kasus-kasus resorpsi tulang alveolar yang masuk dalam kategori parah, retensi dari implan *subperiosteal* oleh integrasi periosteum yang merupakan lapisan terluar, memberikan *densitas fibrous* dan pejangkar implan terhadap tulang melalui serat *Sharpey's implant subperiosteal* dibedakan atas *unilateral*, *complete*, dan *circumferential*.¹⁵



Gambar 3: *Subperiosteal dental implant*¹⁶

c. *Transosteal*, merupakan jenis implan yang penempatannya di bawah bagian anterior mandibula. Sekrup implan ini akan dibaut melalui plat kortikal dari tulang alveolar pada mandibular dan meluas ke rongga mulut. Beberapa sekrup akan dipasang meluas pada rongga mulut, gigi tiruan baik lengkap atau sebagian. Beberapa jenis *implant transosteal*, yakni *staple*, *single pin* dan *multiple pin*.¹⁵



Gambar 4: *Transosteal dentall implant*¹⁶

2.1.4 Indikasi dan kontraindikasi penggunaan dental implant

a. Indikasi penggunaan implan¹⁵

- 1) Pada pasien yang tidak mampu menggunakan gigi tiruan baik sebagian maupun lengkap

- 2) Pada kasus dengan kebutuhan gigi tiruan dalam jangka panjang
 - 3) Tidak adanya gigi penyangga
 - 4) Tidak adanya penolakan dari pasien
- b. Kontraindikasi penggunaan implan¹⁵
- 1) Pasien dengan penyakit sistemik akut
 - 2) Penyakit stadium akhir
 - 3) Pasien yang dalam keadaan mengandung (hamil)
 - 4) Penyakit metabolik yang tidak terkontrol
 - 5) Daerah implan yang sedang diterapi radiasi karena tumor
 - 6) Ekspektasi pasien yang tidak realistis
 - 7) Motivasi pasien yang rendah
 - 8) Pengalaman operator yang terbatas
 - 9) Kasus yang tidak dapat ditangani menggunakan gigi tiruan

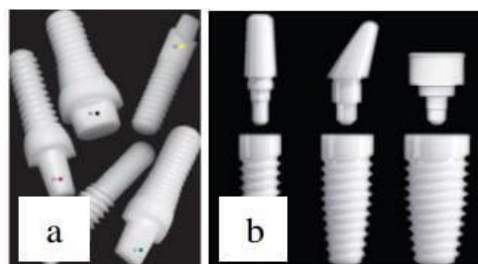
2.1.5 Bahan Dental Implan

a. Zirkonia

Zirkonia merupakan logam yang memiliki warna putih keabu-abuan yang jarang ditemukan di alam bebas. Zirkonia ini banyak digunakan dalam bidang *industry high tech* karena memiliki sifat mekanik, termal, elektrik, kimia dan optiknya yang baik. Zirkonia dikenal berasal dari unsur *zirconium* (Zr) dengan nomor atom 40 dan massa yang mencapai 91,224. Memiliki bentuk *amorf* berupa struktur kristal yang tidak teratur, lunak dan tahan terhadap udara

bahkan api. Struktur ini merupakan keramik *bionert* yang stabil dalam tubuh manusia dan tidak menunjukkan respon yang berbahaya. Disamping itu, sifat mekanik yang tinggi membuat zirkonia menjadi bahan yang memperkuat karbonat apatit.¹⁷

Penggunaan *zircoanium* dalam kedokteran gigi yakni sebagai lapisan pelindung pada partikel pigmen titanium oksida, bahan tahan api, *abrasive enamel*. Selain itu, digunakan dalam memaksimalkan gigi tiruan sehingga tidak terjadi fraktur dalam rongga mulut. Dengan sifat fisik, mekanis dan lainnya bahan zirkonia ini cocok menjadi dental material. Pemilihan bahan ini dalam gigi tiruan karena sifatnya yang biokompatibel, sewarna dengan gigi dan sifat mekaniknya yang baik. Sifat biokompatibilitas ini didapat dengan adanya osseointegrasi dengan jaringan sekitarnya. Selain itu, bahan ini bersifat radiopasif yang baik dan resistensi terhadap fraktur yang tinggi. Implan dengan bahan ini telah menunjukkan tingkat plak yang menurun.¹⁸



Gambar 5 (a) *Implan zirconia one piece* dengan indikasi yang berbeda (insisivus, kaninus, premolar dan molar); (b) implan *zirconia two piece*¹⁹



Gambar 6 Aplikasi implan zirconia (A,B,C) dan sementasi mahkota pada gigi insisivus pertama atas kiri (D)¹⁸

b. Titanium

Titanium merupakan material *nonmagnetic*. Titanium merupakan bahan implan yang digunakan untuk aplikasi medis karena memiliki nilai biokompatibilitas dan biomekanis yang baik jika dibandingkan dengan logam lainnya, sifat *inert*, *osseointegrasi*, dentitas yang rendah serta ketahanan terhadap korosi yang cukup tinggi, modulus mekanikal yang cocok dengan tulang bila dibandingkan dengan bahan material lain. Bahan material ini merupakan bahan yang paling sering digunakan dalam bidang kedokteran gigi sebagian kawat gigi dan bahan implan gigi karena sifat biokompatibilitasnya yang baik. Ketika titanium ini ditanamkan dalam tulang, jaringan sekitar akan bereaksi dan kekuatan ikatan tulangnya besar. Pemasangan implan gigi berbahan titanium mengaktifkan sistem imun yang menimbulkan reaksi antara *host* dan bahan biomaterial.^{19,20}



Gambar. 7 titanium dental implan²¹

Material implant pada umumnya dibuat menggunakan titanium paduan yang dilapisi *hidroksiapatit* (HA) karena memiliki sifat antibakteri yang lebih tahan terhadap korosi dibanding dengan yang dilapisi *hidroksiapatit* (HA). Kekasaran dari porositas pada permukaan titanium implan dilihat sebagai karakteristik penting dalam proses osseointegrasi. Mikrostruktur implan yang lebih berporous dapat meningkatkan area permukaan untuk perlekatan implan terhadap tulang dan migrasi sel jika dibandingkan mikrostruktur implan yang tidak berporous.²²

Menurut *American society for testing and materials* (ASTM), terdapat 6 jenis titanium yang tersedia sebagai biomaterial implan. Diantara 6 jenis titanium tersebut, terdapat 4 grade titanium murni komersial atau *commercial pure titanium* (CpTi) dan 2 titanium *alloy* (Ti). Sifat mekanik dan fisik CpTi akan berbeda terutama terkait dengan residu oksigen dalam logam, kedua paduan tersebut yakni Ti-6Al-4V dan Ti-6Al-4V-ELI (paduan interstitial

ekstra rendah). Paduan Ti-6Al-4V memiliki kekuatan dan daya ketahanan yang tinggi terhadap korosi, hal ini karena paduan ini memiliki lapisan pelindung oksida TiO₂. Bahan CpTi disebut titanium grade II, grade II, grade III dan grade IV murni. Titanium murni komersial terkadang disebut titanium tidak murni karena memiliki kandungan beberapa elemen karbon, oksigen, nitrogen, dan besi. Unsur- unsur tersebut dapat meningkatkan sifat mekanik titanium murni dan ditemukan dalam jumlah yang lebih tinggi dari semua jenis grade.^{21,22}

Kelebihan dan kekurangan bahan titanium

1) Kelebihan bahan titanium⁶

- Biokompatibilitas yang sangat baik karena sifat resistensi korosinya yang tinggi dan lapisan oksida yang melindungi jaringan lunak maupun keras dalam rongga mulut
- Berat jenis rendah dan memiliki kekurangan tinggi
- Dapat dipakai dalam jangka waktu yang sangat lama
- Dapat bertahan dalam suhu yang tinggi
- Bersifat osseointegrasi
- Tidak toksik dan tidak menimbulkan alergi
- Dapat dicampur dengan bahan logam lainnya

2) Kekurangan bahan titanium⁶

- Tidak dapat diwarnai

- Harganya yang mahal
- Bersifat paramagnet

Biokompatibilitas bahan titanium

Biokompatibilitas merupakan kemampuan suatu material untuk berinteraksi secara harmonis terhadap respon biologis yang tidak mempengaruhi sifatnya masing-masing.²⁰ Secara terminologi, biokompatibilitas dijelaskan sebagai kondisi dimana tidak terjadi interaksi yang berbahaya antara material asing dengan tubuh. Biokompatibilitas merupakan sistem yang mencakup fisik, biologis, kimia, medik dan aspek desain. Bahan implan dinilai memiliki sifat biokompatibilitas yang baik, resisten terhadap korosi, memiliki kekuatan yang baik serta nilai elastitas modulus yang rendah.^{6,24}

Titanium (Ti) menjadi material pilihan yang banyak digunakan dalam implantasi gigi dan bedah tulang. Hal ini dapat dikarenakan minimalnya reaksi jaringan yang diakibatkan oleh penanaman material yang terjadi didalam tubuh. Pada saat penanaman material ini terjadi reaksi biologis secara alami yang terbentuknya sebuah jaringan baru dan kemudian akan melekat pada lapisan oksida pada permukaan titanium.²⁴

2.1.6 Klasifikasi Kegagalan Dental implant

Kegagalan dental implant adalah ketidakmampuan jaringan host dalam proses osseointegrasi, yang mana tujuan dari dental implant tidak

tercapai karena alasan mekanis dan biologis. Kegagalan dental implant dibagi menjadi 3 kategori yakni:²⁵

a. *Early failures* : (*intraoperative* atau dalam waktu 3 bulan)

Etiologi dari kegagalan ini yakni kesalahan dalam pemilihan implan, misalnya pemilihan jenis implan pada jenis tulang yang tidak tepat, panjang implan, diameter atau rasio yang tidak sesuai antara implan dengan mahkota. Masalah *restorative*, misalnya desain yang tidak tepat dan fraktur pada implan. Pada *surgical placement*, misalnya penempatan implan, kurangnya stabilitas, adanya gangguan saat penyembuhan, dan terjadinya infeksi. Biasanya yang berperan dalam kegagalan ini yakni dokter yang melakukan perawatan.

b. *Late failures* : (3 bulan pasca operasi)

Etiologi dapat terjadi karena faktor host seperti medikal status, kebiasaan buruk/*bad habits* seperti merokok dan minum alkohol yang dapat meningkatkan faktor kehilangan tulang serta *oral hygiene* yang buruk. Personil yang terlibat dalam kegagalan ini yakni pasien yang tidak menjaga *oral hygiene* yang dapat memicu terjadinya periimplantasi. Mode kegagalannya yakni estetika yang tidak dapat diterima, masalah fungsional, gangguan psikologis, terjadinya infeksi yang dapat berupa *retrograde* peri implantitis, oklusi traumatis dan *overloading*.

2.2 Osseointegrasi

2.2.1 Definisi osseointegrasi

Awal mula kata *osseointegrasi* muncul sebagai sebuah konsep yang diperkenalkan oleh *Peringvar Branemark* pada tahun 1969, yang merupakan profesor di *Institute of Applied Biotechnology, University of Goteborg*. Beliau menyebut osseointegrasi sebagai “Hubungan struktural dan fungsional langsung antara tulang hidup yang teratur dan permukaan implan yang menutupi beban”. Sedangkan menurut *American Academy of Implant Dentistry*, osseointegrasi didefinisikan sebagai “Kontak yang terjalin tanpa interposisi jaringan non tulang antara tulang yang direnovasi normal dan implan yang memerlukan transfer dan distribusi beban yang berkelanjutan dari implan ke dan di dalam jaringan tulang”.^{26,27} Istilah-istilah tersebut diperkenalkan untuk menggambarkan bukti histologi sebagai bukti kesuksesan perawatan implan gigi setelah ditempatkan pada tulang alveolar. Osseointegrasi pada implan ini akan mencerminkan fiksasi secara biologis dan mekanis dari perlekatan implan ke tulang alveolar dibawah suatu fungsi klinis yang normal. Proses penyatuan antara implan dan tulang ini menghabiskan waktu yang cukup lama, yakni sekitar 3-6 bulan. Hal ini diperlukan untuk dapat menempatkan mahkota (gigi tiruan) pada implan gigi sehingga mampu mengembalikan fungsi dari gigi sepenuhnya.^{8,28}

Komposisi bahan implan dan topografi permukaan mempengaruhi proses penyembuhan luka setelah implantasi dan selanjutnya

mempengaruhi osseointegrasi. Topografi permukaan yang agak kasar diketahui secara positif dapat mempengaruhi reaksi interfisial jaringan. Oleh karena itu, banyaknya metode modifikasi permukaan implan hadir untuk meningkatkan osseointegrasi dan meningkatkan keberhasilan. Topografi permukaan mencakup optimalisasi kekasaran permukaan mikro (*stanblasting* atau etsa asam), aplikasi pelapis bioaktif (kalsium fosfat, bifosfonat dan kolagen), partikel sintering ke permukaan implan, nanoteknologi dan teknologi laser.²¹

2.2.2 Mekanisme Osseointegrasi

Mekanisme osseointegrasi sangat mirip dengan penyembuhan tulang primer. Terjadi proses peradangan yang nantinya akan diikuti dengan hematoma pasca dilakukan operasi, kemudian akan terbentuk regenerasi, yang akhirnya akan membentuk jaringan tulang. Ketika regenerasi yang tepat terjadi permukaan logam dan tulang nantinya akan bersentuhan secara langsung.²⁹

Mekanisme dari osseointegrasi dapat dibagi atas 3 tahapan. Tahapan pertama yakni tahap mulainya luka setelah proses penanaman implan dilakukan. Tahapan kedua yakni tahapan granulasi yang terjadi sejak 2 atau 3 minggu pasca dilakukannya penanaman implan. Yang terakhir adalah tahap *callus* yang dimulai sejak 4 sampai 6 minggu pasca *injury* ditemukan pembentukan tulang baru. Proses evaluasi seluruh tahapan ini biasanya menggunakan bantuan radiografi 3 dimensi sehingga evaluasi osseointegrasi yang terjadi pada tulang dapat terlihat

secara akurat, yakni dengan melihat densitas tulang alveolar yang sedang terbentuk. Apabila densitas jaringan tulang pada tahap *callus* bertambah, maka proses penanaman implan gigi ini dinyatakan telah berhasil. Biasanya pembentukan tulang baru ini akan berlangsung selama 4 hingga 6 minggu pasca dilakukan tindakan pembedahan.³⁰

Kegagalan implan akibat disintegrasi tulang dapat menyebabkan terjadinya kondisi multifactorial; kerentanan individu atau faktor resiko, potensi respon imun inang bahkan dibawah kondisi jaringan tulang yang tepat, kualitas bahan dan teknik dalam pembedahan juga berperan dalam durasi pertahanan implan gigi. Beberapa faktor seperti faktor mikrobiologis, biologis, dan juga biomekanik dapat dikaitkan dengan kegagalan implan. Namun demikian, faktor yang menyebabkan proses kegagalan implan ini masih belum jelas.³¹

Penyebab umum dari kegagalan implan yakni:

Causes of early failure	Causes of late failure
Poor bone quality: type 4 bone posterior upper jaws	Excessive loading
Poor bone quantity: severe alveolar bone resorption	Peri-implantitis
Patient medical condition: AIDS, uncontrolled diabetes mellitus, osteoporosis, corticosteroids, bisphosphonates therapy, etc	Inadequate prosthetic construction
Smoking	
Infection	
Post-insertion pain	
Lack of primary stability	
Inadequate surgery and prosthodontics	

Gambar 1 : Penyebab umum implan awal dan akhir

Gambar 8. Penyebab umum implan awal dan akhir

Kerusakan mekanisme pada implan atau penyebab biologis yang menyebabkan periimplantitis dan kurangnya dukungan untuk tulang

disekitarnya dapat menyebabkan kehilangan integritas tulang. Polimorfisme genetik cenderung mempengaruhi mekanisme osseointegrasi melalui efek *multiple polimorfik kumulatif*. Polimorfisme gen pada individu dapat memodulasi tingkat keparahan dan perkembangan peradangan dengan eksresi dan modulasi sitokin oral.^{31,32}

2.2.3 Penilaian klinis Osseointegrasi

Banyak metode yang telah dicoba untuk menunjukkan secara klinis penilaian terhadap osseointegrasi pada perawatan implan gigi, diantaranya:³³

- a. Melakukan uji mobilitas klinis dan menemukan bahwa implan dapat bergerak merupakan bukti pasti bahwa implan tersebut tidak terintegrasi.
- b. Radiografi yang menunjukkan kontak langsung antara tulang dan implan telah dikutip sebagai bukti osseointegrasi. Zona radiolusensi disekitar implan merupakan indikasi yang jelas bahwa implan tersebut berlabuh di jaringan fibrosa. Sedangkan, kurangnya zona tersebut bukanlah bukti osseointegrasi. Hal ini dikarenakan kapasitas resolusi radiografi yang optimal berada pada kisaran 0,1 mm sedangkan ukuran sel jaringan lunak berada pada kisaran 0,01 mm; sehingga zona sempit jaringan fibrosa mungkin tidak terdeteksi oleh radiografi.

- c. Penggunaan instrumen logam untuk mengetuk implan dan menganalisis suara yang ditransmisikan secara teori dapat digunakan untuk menunjukkan integrasi tulang yang tepat.

2.3 Tahapan Penyembuhan Tulang pada Implan Gigi

Tulang merupakan organ hidup yang secara terus-menerus mengalami proses pemodelan dan remodeling dengan kendali yang kompleks. Tulang mampu beradaptasi dengan keadaan yang berubah, misalnya adanya beban mekanis, bahkan fraktur yang terjadi karena cedera. Tulang merupakan organ yang mampu sembuh tanpa meninggalkan bekas luka jaringan ikat inferior.³⁴ Adapun fase penyembuhan tulang pasca implan gigi:³⁵

1. Fase 1 : Respon Peradangan

Terjadi dalam 48 jam pertama pasca dilakukan pembedahan, kemotaksis sel mesenkimal dan fagositosis dari sisa-sisa jaringan dalam 48 jam pertama setelah operasi. Pembekuan darah yang terjadi disebelah implan mengakibatkan aktivasi trombosit dan leukosit di hematoma, dan pembentukan jaringan fibril yang menempel pada permukaan implan. Ikatan yang baik akan didapatkan pada permukaan yang bertekstur dibandingkan dengan permukaan yang halus. Sel osteogenik bermigrasi ke permukaan implan dan diikuti dengan pembentukan osteoid oleh tulang.

2. Fase 2 : Regenerasi

Angiogenesis terjadi dalam waktu 48-72 jam, yang diikuti dengan granulasi yang terjadi sampai 3 minggu. Angiogenesis ini berlangsung dengan kecepatan 50µm/hari, membutuhkan waktu sekitar 10 hari untuk

memulihkan mikrosirkulasi. Osteogenesis terjadi selama 4-6 minggu dan distimulasi untuk melepaskan agen induktif. *Immature woven bone* yang terbentuk 7 hari ini berangsur-angsur digantikan oleh tulang pipih padat, yang terbentuk dan matang.

3. Fase 3 : *Remodeling*

Pada 4 minggu *immature woven bone* secara bertahap digantikan oleh tulang pipih, dengan deposisi tulang dicapai pada 3-4 bulan. *Remodeling* berlanjut sebagai respon terhadap pemuatan fungsional dan mencapai “*steady state*” sekitar 18 bulan.

Terdapat terminologi yang menggambarkan proses penyembuhan tulang di sekitar implan:³⁵

1. Osteoinduksi : Sel-sel tidak berdeferensiasi dan *pluripotein* distimulasi untuk berkembang menjadi sel pembentuk tulang.
2. Osteokonduksi : Permukaan menjadi osteokonduktif dan memungkinkan tulang bertumbuh di sepanjang permukaan dan pori-porinya.
3. Kontak osteogenesis : Awal mula tulang terbentuk dalam kontak dengan implan apabila kondisinya menguntungkan.

Selain penyembuhan tulang, salah satu masalah yang sering diabaikan selama pemasangan implan yakni timbulnya luka selain pada jaringan keras juga terjadi pada jaringan lunak. Jaringan lunak mengalami perubahan yang lebih drastis dibandingkan dengan jaringan kerasnya. Biasanya, jaringan

lunak perlu meregenerasi jaringan dalam jumlah yang lebih besar selama proses adaptasi baru pasca dilakukan perawatan implan.³⁶

2.4 Permukaan dental implant

Permukaan implan gigi adalah salah satu bagian yang bersentuhan dengan biolingkungan dan keunikan dari permukaan ini mengarahkan respon dan memengaruhi kekuatan mekanik antara implan dan jaringan. Beberapa tekstur permukaan substrat implan titanium yang beragam telah diuji untuk meningkatkan osseointegrasi. Pelapisan permukaan pada implan ini diperlukan untuk meningkatkan area fungsional dari tulang implan sehingga tekanan akan diberikan secara efektif. Selain itu, lapisan permukaan mempromosikan aposisi tulang. Salah satu alasan utama modifikasi permukaan implan gigi adalah untuk mengurangi atau mempercepat waktu dalam penyembuhan osseointegrasi.³⁷

Perlakuan permukaan ini ditemukan untuk mengontrol pertumbuhan dan aksi metabolisme osteoblast yang dikultur. Kekasaran permukaan juga telah terbukti mempengaruhi sitokin dan produksi faktor pertumbuhan oleh osteoblast; peningkatan kekasaran permukaan memungkinkan produksi faktor pertumbuhan transformasi-beta (TGF-) yang secara langsung meningkatkan propagasi sel osteoblast. Kekasaran permukaan implan memiliki efek tak terbantahkan pada pergerakan sel serta pertumbuhan sel. Hal ini menunjukkan bahwa struktur implan mempengaruhi interaksi antara logam dan jaringan hidup.³³

Modifikasi permukaan titanium dental implan dapat dilakukan dengan:

2.4.1 Modifikasi secara fisik

Modifikasi fisik dapat dikategorikan dalam tingkat makro, mikro dan nano. Modifikasi tingkat makro dilihat dari skala millimeter. Fitur seperti bentuk implan dan pola yang berbeda dapat meningkatkan stabilitas implan dalam jangka panjang. Modifikasi tingkat mikro dapat meningkatkan luas permukaan implan pada skala micrometer, meningkatkan pembentukan matriks fibrin sebagai perancah osteokonduktif untuk sel osteogenik dan deposisi matriks tulang. Sedangkan, modifikasi tingkat nano dapat meningkatkan kekasaran permukaan implan, untuk meningkatkan pertumbuhan sel dan diferensiasi osteoblastik.³⁸

2.4.2 Modifikasi secara biologi

Modifikasi secara biologi permukaan titanium implan merupakan tahap untuk mengontrol fenomena *interface* antara implan dengan jaringan biologi untuk mendapatkan osseointegrasi. Perlakuan ini diharapkan dapat meningkatkan sifat biologis permukaan dalam bentuk peningkatan adhesi dan migrasi sel dengan immobilisasi atau pengiriman berbagai protein, enzim, atau peptide pada permukaan dental implan.³⁹

2.4.3 Modifikasi secara mekanik

Modifikasi permukaan secara mekanik meliputi pemesinan, penggilingan dan peledakan yang mengarah pada struktur kasar yang akan menguntungkan untuk biomineralisasi karena luas permukaan

yang akan bertambah besar. Beberapa peneliti menyarankan bahwa kekasaran permukaan dalam interval 0,5-1,5 μm sehingga menunjukkan respon tulang yang lebih kuat setelah dilakukannya implantasi. Kekasaran permukaan akan meningkatkan perlekatan sel, proliferasi dan diferensial sel osteogenik dan merupakan kunci dari integrasi tulang dari implan. Salah satu metode yang paling populer untuk meningkatkan kekasaran yakni dengan peledakan permukaan titanium dengan partikel SiC, partikel alumina (Al_2O_3) dan partikel kalsium fosfat bifasik (BCP).⁴⁰

2.4.4 Modifikasi secara kimia

Modifikasi secara kimia relatif kompleks dalam mekanisme persiapannya namun harganya yang cukup mahal. Metode kimia ini akan memberikan titanium karakteristik permukaan yang bioaktif.^{10,40}

2.5 Modifikasi permukaan dental implant secara kimia

Modifikasi permukaan dental implant secara kimia artinya mengubah sifat permukaan pembawa untuk dapat menghasilkan interaksi yang spesifik antara molekul permukaan sel, yang bukan hanya mempengaruhi sifat permukaan sel tapi juga menyebabkan perubahan dalam struktur internal dan fungsi sel.¹⁰ Modifikasi permukaan implan secara kimia ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, yakni:

2.5.1 Acidic treatment

Penggunaan etsa kimiawi dengan asam kuat seperti HCl, H_2SO_4 , HNO_3 , dan HF adalah metode lain untuk mengeraskan implan gigi.

Acid-etching akan menghasilkan lubang mikro pada permukaan implan dengan ukuran mulai dari diameter 0,5 hingga 2 μm . Penggunaan etsa asam ini telah ditunjukkan dalam meningkatkan proses osseointegrasi. Pencelupan bahan titanium selama beberapa menit dalam larutan HCL pekat dan H_2SO_4 yang dipanaskan pada suhu 100°C (etsa asam ganda) digunakan untuk menghasilkan permukaan yang *micrough*. Jenis permukaan ini akan mempromosikan osseointegrasi yang cepat dengan tetap mempertahankan keberhasilan dalam jangka waktu yang lama. Permukaan etsa asam ganda ini akan meningkatkan proses osteokonduktif melalui perlekatan sel fibrin dan osteogenik, yang akan menghasilkan pembentukan tulang secara langsung pada permukaan implan. Pendekatan lain yang dapat digunakan yakni melalui perawatan implan titanium dengan larutan *fluoride*. Titanium sangat reaktif terhadap ion *fluoride* yang membentuk TiF dengan permukaan yang dihasilkan memiliki topografi *micrough*.¹²

Perpaduan antara modifikasi dengan etsa asam dengan pelapisan kalsium karbonat juga dinilai dapat meningkatkan proses osseointegrasi. Perlakuan dengan memadukan etsa asam dan *sandblasting* dapat menghasilkan kekasaran mikro pada permukaan implan. Implan yang telah dilakukan modifikasi kimia dengan menggunakan etsa asam kemudian dilapisi kalsium karbonat menunjukkan biokompatibilitas dan sifat osteokonduktif yang baik setelah masa penyembuhan 12 minggu. Lapisan ini kemudian akan meningkatkan atau mempercepat

penyembuhan awal tulang dan penyembuhan secara klinis sehingga dapat meningkatkan proses osseointegrasi.^{41,42}

2.5.2 Alkalie treatment

Teknologi dengan perlakuan panas alkali dilakukan dengan merendam implan titanium dalam konsentrasi tertentu yang kuat, perlakuan dalam larutan alkali ini berlangsung untuk jangka waktu tertentu. Perlakuan panas ini bertujuan untuk mendapatkan lapisan oksida yang berpori, sehingga akan didapatkan kekasaran permukaan titanium yang terlihat sangat meningkat setelah perlakuan panas alkali. Senyawa titanium yang berpori akan bertindak sebagai siklus nukleasi untuk menginduksi apatit endapan. Permukaan titanium yang berpori ini akan diperoleh melalui perlakuan panas secara terus menerus. Permukaan titanium yang berpori dapat menghasilkan efisiensi penyembuhan tulang yang lebih tinggi.⁴³

2.5.3 Sol-Gel

Metode sol-gel merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk menghasilkan berbagai jenis material. Hal ini dikarenakan metode sol-gel ini memiliki banyak keuntungan. Beberapa keuntungannya yakni kemudahan dalam mengatur komposisi dan sistesis yang dapat memanfaatkan temperatur yang rendah. Selain itu, keuntungan lain dari teknologi sol-gel ini adalah kemampuannya menghasilkan lapisan yang homogen, murni, dan stoikiometris akibat pecampuran dengan skala molekuler, temperatur pembakaran yang

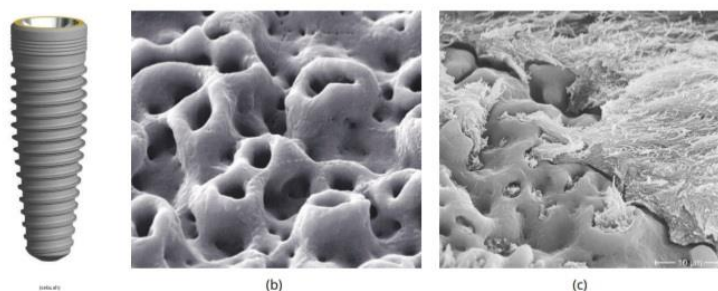
rendah karena ukuran partikel yang kecil dan luas permukaan yang besar. Hal ini akan memungkinkan diperolehnya partikel ukuran nano yang homogen, serta peralatan yang relatif sederhana.⁴⁴

Metode so-gel dip biasanya menghasilkan lapisan yang halus. Pada metode sol-gel dip, kekasaran permukaan implan biasanya didapatkan dengan satu kali proses pencelupan dan dapat menghasilkan kekasaran permukaan yang homogen namun tidak lebih kasar dari hasil pelapisan metode *plasma spray*. Apabila dilakukan dua kali proses pelapisan, maka akan didapatkan hasil yang tidak sebaik satu lapisan. Hal ini dapat dikarenakan porositas yang terbentuk menjadi sangat tipis pada permukaan dari implan itu sendiri. Sebaliknya, lapisan hidroksiapatit (HA) yang tebal dengan dua lapisan dapat memicu terjadinya retakan pada permukaan lapisan implant sehingga dikhawatirkan tidak dapat memicu reaksi osseointegrasi secara sempurna. Pada kondisi sol-gel dip ini dibutuhkan modifikasi tambahan permukaan implan titanium (Ti) dengan pembuatan lapisan oksida untuk meningkatkan perlekatan antara pelapis hidroksiapatit (HA) dengan permukaan implan. Pada metode ini juga dibutuhkan material lain seperti *polycaprolactone* (PCL) untuk mengatasi retakan yang terjadi karena tebalnya lapisan yang terbentuk.⁵

2.5.4 Anodic oxidation

Potensi tinggi pada polarisasi anodik dapat dimanfaatkan untuk menambah ketebalan secara bertahap lapisan titanium oksida (TiO₂)

yang ada pada permukaan titanium.⁴⁵ permukaan implan dimodifikasi secara elektrokimia dengan oksidasi anodik untuk meningkatkan ketebalan TiO₂ lapisan dari 17-200 nm pada implan titanium konvensional hingga 600-1000 nm (gambar). Dengan demikian, permukaan berpori dengan struktur mikro dengan ukuran pori sekitar 1,3-2,0 mm², porositas 20% dan tingkat kekasaran permukaan sedang =1 m akan dihasilkan. Oleh karena itu, jenis permukaan implan ini juga disebut sebagai *titanium porous oxide* (TPO) atau implan permukaan titanium porous (ASI). Dalam oksidasi anodik, implan terkena sirkuit listrik dengan implan berfungsi sebagai anoda. Oksidasi anodik mungkin secara efektif ditransfer ke leher implan untuk membuat segel jaringan lunak yang rapat. Permukaan titanium berstruktur nano yang dihasilkan oleh oksidasi anodik telah terbukti menyebarkan adhesi, proliferasi dan deposisi matriks ekstraseluler fibroblast gingiva manusia. Permukaan yang dianodisasi ternyata memiliki kekasaran yang cukup serta menjadi keuntungan untuk respon tulang^{46,47}



Gambar.9 (a) dilengkapi dengan permukaan TiUnit. Struktur mikro berpori dari permukaan, (b) telah disarankan untuk meningkatkan osseointegrasi dengan memberikan retensi tambahan dan pembentukan tulang, (c) atas perkenaan Nobel Biocare

2.5.5 Chemical vapor deposition method (CDV)

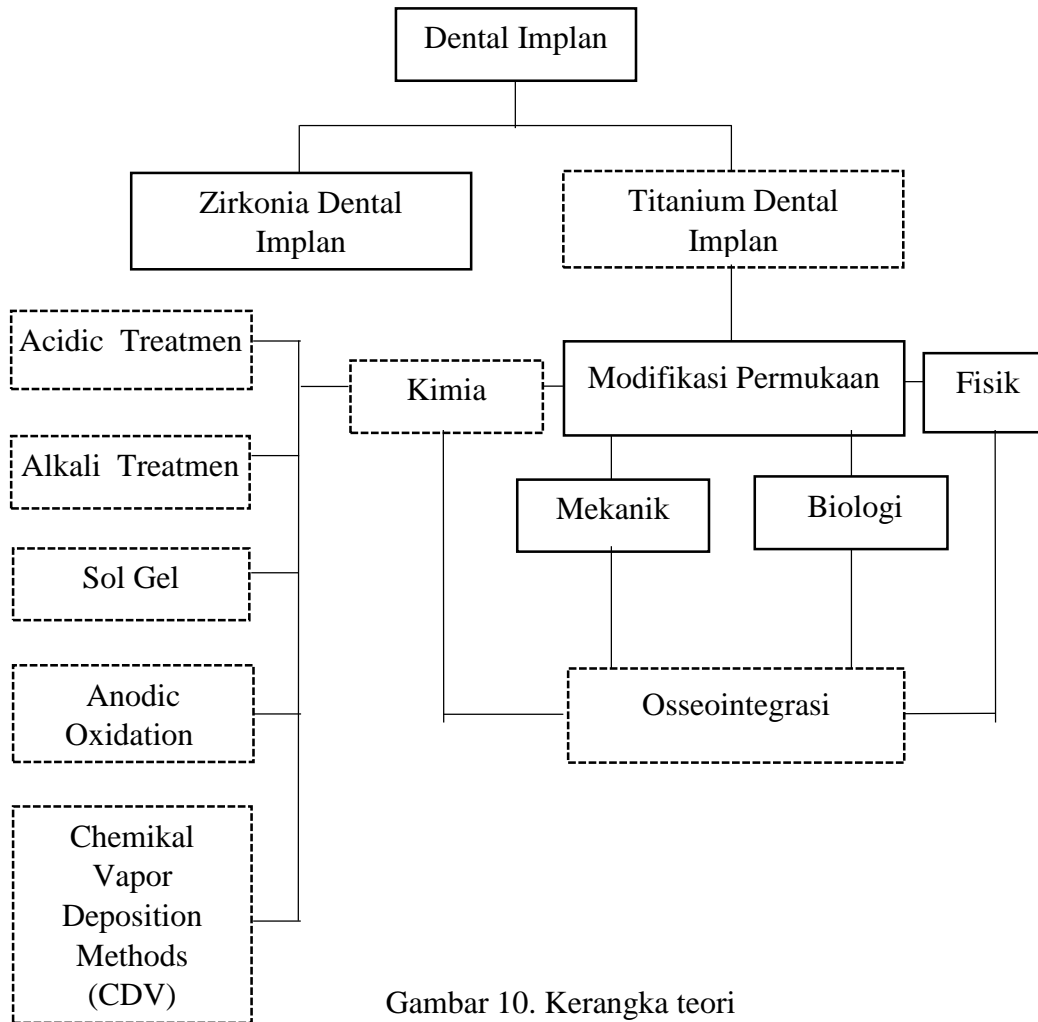
Chemical vapor deposition method (CDV) atau deposit uap kimia merupakan suatu metode pelapisan untuk membentuk lapisan film yang tipis pada permukaan substrat dengan reaksi kimia pelapis dengan beberapa senyawa atau unsur uap yang mengandung elemen film akhir. Metode ini telah digunakan dalam kimia sintesis anorganik untuk menyiapkan bahan anorganik seperti *nanotube karbon*, *grapheme*, TiO_2 dan lain-lain. Pengontrolan pada metode ini dapat dilihat dengan cermat, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Sebuah fakta menunjukkan bahwa teknologi ini dinilai mampu atau berhasil dalam aplikasi industri. Namun, aplikasinya pada substrat paduan titanium untuk modifikasi permukaan biomedik masih sangat terbatas.¹⁰

Metode deposisi uap kimia banyak digunakan untuk benda kerja yang kompleks dan sebagai pelapis. Pelapisan yang dibuat dengan metode *Chemical vapor deposition* (CDV) biasanya akan menunjukkan aktivitas osteogenik yang tinggi, dengan potensi tertentu untuk aplikasi ortopedi. Sebuah penelitian pernah menggunakan metode deposisi uap kimia logam-organik (MOCVD) untuk mempersiapkan lapisan oksida titanium pada titanium murni. Ti/MOCVD menunjukkan aktivitas ALP yang lebih tinggi daripada kelompok lain, hal ini berarti metode ini memiliki potensi implantasi tulang yang lebih tinggi. Kemudian Du dkk pada tahun 2016 pernah menggunakan metode serupa namun ini tidak hanya menunjukkan aktivitas hidrofilik yang tinggi

tetapi juga sangat penting dalam bidang doping. Implan titanium berlapis *Glycidly methacrylate* (GMA) menunjukkan aktivitas ALP yang lebih tinggi, namun juga menunjukkan peningkatan adsorpsi protein dan deposisi kalsium yang lebih tinggi. Selanjutnya, berdasarkan sebuah penelitian juga ditambahkan rekombinan *human bone morphogenic protein-2* (rhBMP2) sebagai agen osteoinduksi pada titanium berlapis GMA. Pelapisan titanium pada perancah Ti-6Al-4V berporous menemukan bahwa pertumbuhan tulang yang lebih baik didalam perancah berlapis yang akan menunjukkan potensi ortopedi.^{10,48}

Secara singkatnya, pemanfaatan metode CVD tidak biasa seperti penggunaan metode fisika. Suhu yang bereaksi tinggi akan menyebabkan laju deposisi yang rendah. Dalam metode ini juga sumber gas dan gas buang memiliki toksisitas tertentu yang mungkin berbahaya bagi proses implantasi selanjutnya. Meskipun demikian, pelapis yang dibuat oleh CDV biasanya memiliki kualitas yang baik, dan kemurnian serta kepadatannya dapat dikontrol dengan mudah. Metode ini telah digunakan dalam industri elektronik, penerbangan dan lain-lain. Namun, peralatan deposisi uap ini tergolong lebih mahal, dan dalam beberapa proses memiliki pembentukan film yang lebih tinggi yang dapat mempengaruhi struktur substrat.

2.6 Kerangka Teori



Gambar 10. Kerangka teori

Keterangan gambar :

- : variable dikaji
- : variable tidak dikaji