

KAJIAN LITERATUR:
PENGGUNAAN XENOGRAFT DALAM BIDANG PERIODONTAL
SKRIPSI

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



OLEH:

ADINDA MAHARANI ROEMODAR

J011191070

DEPARTEMEN PERIODONSIA
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2022

KAJIAN LITERATUR:

PENGUNAAN XENOGRAFT DALAM BIDANG PERIODONTAL

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran Gigi

OLEH:

ADINDA MAHARANI ROEMODAR

J011191070

DEPARTEMEN PERIODONSIA

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER GIGI

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

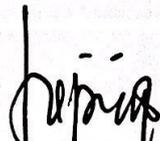
LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Penggunaan Xenograft dalam Bidang Periodontal

Oleh : Adinda Maharani Roemodar / J011191070

**Telah Diperiksa dan Disahkan
Pada Tanggal, 3 November 2022**

**Oleh:
Pembimbing**



**drg. Supiaty, M.Kes
NIP. 19620909 198903 2 003**

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hasanuddin**



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

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan mahasiswa yang tercantum di bawah ini:

Nama : Adinda Maharani Roemodard

NIM : J011191070

Judul Skripsi : Penggunaan Xenograft dalam Bidang Periodontal

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

Makassar, 3 November 2022

Koordinator Perpustakaan FKG-UH



Amiruddin, S.Sos

NIP. 19661121 199201 1 003

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adinda Maharani Roemodar

NIM : J011191070

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “PENGUNAAN XENOGRAFT DALAM BIDANG PERIODONTAL” 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 orang lain.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 3 November 2022



Adinda Maharani Roemodar
NIM J011191070

KATA PENGANTAR

Alhamdu lillahi rabbil 'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subahanahu Wata'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi *literature review* ini yang berjudul “**Penggunaan Xenograft dalam Bidang Periodontal**”. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW. yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa kesederhanaan isi *literature review* ini baik dari segi bahasa maupun pada pembahasan materi ini masih jauh dari sempurna. Semoga dengan terselesaikannya *literature review* ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan peneliti lainnya untuk dapat menambah pengetahuan dalam bidang periodonsia.

Dalam penyusunan *literature review* ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Dengan ketulusan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Prof. Dr. Edy Machmud, drg., Sp. Pros(K)** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin
2. **Drg. Supiaty, M.Kes** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu hingga tenaga untuk dapat membimbing, membantu, mengarahkan, serta memberikan nasehat dan dukungan bagi penulis hingga dapat menyelesaikan penulisan ini.
3. **Prof. Barunawaty Yunus, M.Kes., Sp.RKG(K)** selaku Penasehat Akademik atas bimbingan serta dukungan kepada penulis selama

perkuliahan.

4. **Seluruh Dosen Pengajar FKG Unhas** yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingan dari awal hingga akhir kepada penulis
5. **Staf Akademik, Staf Perpustakaan, dan Staf Bagian Periodontosisia FKG Unhas** yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini
6. Motivasi dan semangat terbesar hidup saya, kedua orang tua **Hamdja Adriansyah Roemodar dan Farida Haryati**, serta kakak dan adik saya tercinta, **Ananda Samudra Roemodar dan Annisa Maylafrida Roemodar**, yang selalu mendukung, perhatian, dan mendoakan tanpa henti kepada penulis
7. Sahabat hidup **Audrey** yang tak tergantikan selalu menemani dan mendukung dari awal hingga saat ini
8. Sahabat semasa sekolah **Yunike, Della, Faidah, Putri, Shafira, Mey** yang selalu memberikan semangat serta canda dan tawa kepada penulis
9. Sahabat semasa kuliah **Febrinda, Mitha, Nabilah, Faza, Ibna** yang telah memberikan nasehat dan semangat kepada penulis
10. Keluarga Bengo **Tasya, Itin, Naya, Khairah, Fida, Kiki, Kya, Zaky, Caco, dan Ilham** yang telah menemani masa KKN yang penuh dengan tangisan serta tawa
11. Teman angkatan **Alveolar 2019** yang telah berada menemani dari awal hingga saat ini
12. Terakhir saya ucapkan kepada diri saya sendiri yang telah bertahan dan berjuang untuk bisa mencapai hingga titik ini melalui bahagia maupun

kesusahan

13. Seluruh pihak lainnya yang penulis tidak dapat sebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis

Akhir kata, penulis menyadari akan kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Dengan segenap kerendahan hati, penulis berharap bahwa penulisan skripsi ini dapat menjadi manfaat dan berguna kepada pembaca terkait penggunaan xenograft dalam bidang periodontal.

Makassar, 3 November 2022



Penulis

PENGGUNAAN XENOGRAFT DALAM BIDANG PERIODONTAL

Adinda Maharani Roemodar

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

ABSTRAK

Latar belakang: Penyakit periodontal merupakan penyakit inflamasi kronis dari jaringan periodontal dan bentuk lanjutannya berkarakteristik sebagai kehilangan ligamen periodontal dan kehancuran dari tulang alveolar sekitarnya. Ketika lesi semakin berkembang, tinggi dari tulang alveolar akan perlahan-lahan berkurang, dan dasar gigi menjadi lemah, menghasilkan akar gigi yang terpapar dan gigi yang goyang, yang jika tidak dirawat akan menyebabkan kehilangan gigi. Kondisi tersebut akan memperburuk efisiensi mengunyah, penerimaan nutrisi, estetika, dan kesehatan mental serta akan memperburuk kehidupan orang. Pada umumnya, terapi rekonstruktif dari tulang alveolar berupa bone graft ataupun juga seperti autologus, dan allogenik bone grafts. **Tujuan:** Mengetahui penggunaan xenograft dalam bidang periodontal. **Metode:** Kajian literatur dengan mengumpulkan artikel literatur menggunakan situs penyedia jurnal seperti Google Scholar dan PubMed. **Hasil:** Xenograft digunakan dalam bidang periodontal untuk membantu meregenerasi tulang dan mencegah resorpsi tulang lebih lanjut, selain itu, xenograft digunakan untuk menunjang perawatan lain seperti perawatan ortodonti, ekstraksi, hingga pengguna protesa. **Kesimpulan:** Xenograft digunakan sebagai perawatan regeneratif periodontal dengan tujuan membentuk tulang baru dan memperbaiki defek tulang yang ada akibat penyakit periodontal yang progresif.

Kata Kunci: Bone Graft, Xenograft, Periodontal

THE USE OF XENOGRAFT IN PERIODONTOLOGY

Adinda Maharani Roemodar
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

ABSTRACT

Background: Periodontal disease is a chronic inflammatory disease of periodontium and its advanced form is characterized by periodontal ligament loss and destruction of surrounding alveolar bone. As lesions develop, the height of the alveolar bone gradually decreases, and the tooth foundation becomes weak, resulting in exposed tooth roots and loosened teeth, if left untreated, eventually result in tooth loss. This condition will severely damages chewing efficiency, nutrition intake, aesthetics and mental health and damage people's lives. In general, reconstructive therapies of alveolar bone often involve autologous or allogeneic bone grafts. ***Objective:*** To know the use of xenograft in periodontology. ***Methods:*** Literature review by collection literature article using journal provider sites such as Google Scholar and PubMed. ***Results:*** Xenograft used in periodontology to help regenerate bone and prevent further bone resorption, xenograft is also used to support other treatment such as orthodontics treatment, extraction, and prosthesis. ***Conclusion:*** Xenograft is used as regenerative periodontal treatment with the objective to establish new bone and repair bone defects caused by progressive periodontal diseases.

Keyword: Bone Graft, Xenograft, Periodontal

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat penelitian	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jaringan Periodontal	5
2.1.1 Struktur Jaringan Periodontal.....	5
2.1.2 Klasifikasi Penyakit Periodontal	13
2.2 Bone Graft	17

2.2.1	Definisi Bone Graft.....	17
2.2.2	Macam-macam bone graft.....	18
2.3	Xenograft.....	23
2.3.1	Tujuan Xenograft	23
2.3.2	Kelebihan Xenograft	25
2.3.3	Kekurangan Xenograft	26
2.4	Penggunaan Xenograft dalam Bidang Periodontal.....	26
BAB III.....		28
METODE PENELITIAN		28
3.1	Metode Penulisan	28
3.2	Sumber Data	28
3.3	Kriteria Penelitian.....	28
3.3.1	Kriteria Inklusi	29
3.3.2	Kriteria Eksklusi.....	29
3.4	Pengumpulan Data.....	29
3.5	Prosedur Penulisan	30
BAB IV		46
PEMBAHASAN		46
4.1	Penggunaan Xenograft dalam Bidang Periodontal.....	46
4.2	Analisis Distribusi Jurnal	46

4.3	Analisis Sintesis Jurnal.....	47
4.4	Analisis Persamaan dan Perbedaan Jurnal	51
BAB V	55
PENUTUP	55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Gingiva	6
Gambar 2. 2 Tulang Alveolar	8
Gambar 2. 3 Serat Utama Ligamen Periodontal	12
Gambar 4. 1 Ilustrasi rata-rata dari densitas tulang dari grup yang diamati pada tiga waktu interval. G1 dirawat dengan xenograft, G2 dirawat dengan open flap debridement.....	50
Gambar 4. 2 Ilustrasi rata-rata dari kedalaman defek dari grup yang diamati pada tiga waktu interval. G1 dirawat dengan xenograft, G2 dirawat dengan open flap debridement.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit gigi dan mulut merupakan salah satu penyakit yang paling umum ditemukan pada manusia. Penyakit gigi dan mulut hanya mendapat sedikit perhatian di banyak negara dengan beban sosial dan ekonomi yang diterima akibat jumlah perawatan yang rendah, perawatan pencegahan yang terbatas sehingga menyebabkan aspek kesehatan yang terabaikan.^{1,2} Masalah kesehatan gigi dan mulut berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2018 menunjukkan hasil sebesar 57,6% dan yang mendapatkan pelayanan kesehatan gigi sebesar 10,2%.³

Bidang periodontologi mencakup hal-hal yang berhubungan dengan jaringan periodontal yang terdiri dari empat komponen utama yaitu gingiva, ligamen periodontal, sementum dan tulang alveolar. Jaringan periodontal mengelilingi dan mendukung gigi yang secara kolektif melindungi terhadap mikroflora oral, dan membuat perlekatan dari gigi terhadap tulang alveolar dapat terjadi.⁴

Penyakit periodontal dapat disebabkan dari berbagai macam faktor, yaitu faktor spesifik dari pasien dan *oral hygiene* yang buruk. *Oral hygiene* memiliki peran besar dalam inisiasi dan perkembangan dari penyakit periodontal. *Oral hygiene* yang buruk dapat mengakibatkan bakteri dan plak menumpuk, hal ini akan menginisiasi terjadinya gingivitis dan berpotensi berlanjut ke periodontitis. Dengan *oral hygiene* yang buruk, mikroorganisme anaerob bertanggung jawab terhadap progresif dari penyakit periodontal yang dapat berkolonisasi semakin dalam pada jaringan periodontal yang akan melakukan tindakan destruktif.⁵ Bakteri subgingival akan menyebabkan inflamasi yang lebih luas dari jaringan gingiva.⁶ Ketika lesi semakin berkembang, tinggi dari

tulang alveolar akan perlahan-lahan berkurang, dan dasar gigi menjadi lemah, menghasilkan akar gigi yang terpapar dan gigi yang goyang, yang jika tidak dirawat akan menyebabkan kehilangan gigi. Kondisi tersebut akan memperburuk efisiensi mengunyah, penerimaan nutrisi, estetika, dan kesehatan mental serta akan memperburuk kehidupan orang.⁷

Penelitian yang dilakukan di Indonesia oleh Liday I dan Lavaneya G pada tahun 2018 menunjukkan hasil prevalensi kerusakan pola tulang secara horizontal sebanyak 76,3% dan kerusakan tulang secara vertikal sebanyak 23.7% pada pasien yang mengalami periodontitis dan diabetes melitus. Selain itu persentasi rasio bone loss sebesar 78,8% horizontal dan 21.2% vertikal.⁸

Pada umumnya, terapi rekonstruktif dari tulang alveolar yang mengalami defek dapat diberikan berupa *bone graft*.⁹ *Bone graft* adalah bahan transplantasi jaringan tulang yang digunakan dalam prosedur bedah untuk memperbaiki dan membangun kembali defek tulang ataupun juga memiliki kemampuan untuk meregenerasi defek tulang seperti *bone loss*.¹⁰ Penggunaan *bone graft* dalam bidang kedokteran gigi telah meningkat pada tahun terakhir akibat kemajuan dari implantologi dental dan peningkatan kebutuhan untuk memperbaiki defek tulang kraniofasial. *Bone graft* dan substitut telah digunakan dalam bidang medis sejak berabad-abad dengan riwayat pertama dari *bone graft* pada tahun 1682, yang dimana defek kranial dengan sukses direstorasi menggunakan kranial dari anjing yang telah mati.¹¹ *Bone graft* telah digunakan untuk menstimulasi proses penyembuhan sejak 300 tahun yang lalu.¹²

Bone graft memiliki beberapa tipe berdasarkan bahannya. Autograft merupakan tipe bahan bone graft yang berasal dari tubuh pasien sendiri, allograft berasal dari spesies yang sama namun berbeda tubuh, xenograft berasal dari spesies yang berbeda,

dan sintetik bone graft merupakan substitusi yang telah berkembang untuk meniru tulang alami.¹³

Setelah itu muncul xenograft yang memiliki fungsi dan komplikasi yang sama dengan allograft.¹⁴ Xenograft adalah bahan *bone graft* yang menggunakan transplantasi dari sel, jaringan, atau organ dari satu spesies ke spesies yang berbeda.¹⁰ Bahan-bahan xenograft berupa bovine, porcine, equine, coral, dan algae memiliki kelebihan berupa osteokonduktif, tersedia dengan banyak, dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, memiliki hasil struktur porus yang sangat mirip dengan tulang manusia dan dapat memberikan dukungan mekanis dan menstimulasi penyembuhan tulang melalui osteokonduksi. Struktur yang porus memberikan area permukaan yang luas, dan mempromosi pertumbuhan pembuluh darah baru melalui angiogenesis yang akan meningkatkan pertumbuhan tulang.^{11,12,13,14}

Penelitian yang dilakukan Asdar G dkk yang menggunakan bahan xenograft dari chitosan dan hidroksiapatit dari cangkang kepiting memberikan hasil bahwa terdapat peningkatan interleukin-1 dan BMP-2 yang merupakan penginduksi dari pembentukan tulang yang mempromosikan diferensiasi dari sel fibroblast ke osteoblast dan chondroblast.¹⁵

Oleh karena itu berdasarkan uraian diatas dan dari beberapa literatur, penulis tertarik untuk mengetahui penggunaan xenograft dalam bidang periodontal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diambil rumusan permasalahan yaitu :

Bagaimana penggunaan xenograft dalam bidang periodontal

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut tujuan penelitian ini yaitu :

Mengetahui penggunaan xenograft dalam bidang periodontal

1.4 Manfaat penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka literatur review ini diharapkan dapat memberikan sejumlah manfaat antara lain :

a. Manfaat teoritis

Dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang kedokteran gigi dalam penggunaan xenograft pada bidang periodontal

b. Manfaat praktis

Dapat berkontribusi dalam teori dan praktik kedokteran gigi masyarakat dalam penggunaan xenograft dalam bidang periodontal

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

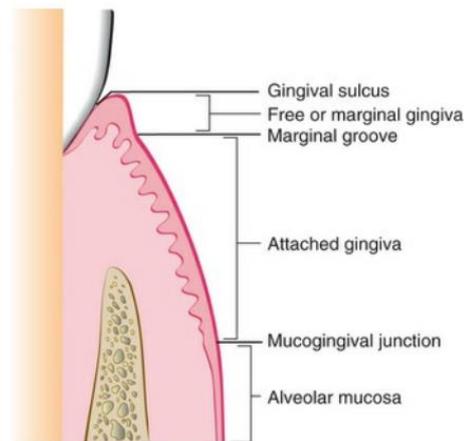
2.1 Jaringan Periodontal

2.1.1 Struktur Jaringan Periodontal

2.1.1.1 Gingiva

Gingiva merupakan bagian dari mukosa oral yang menutupi alveolar dari rahang dan mengelilingi sekitar servikal gigi.¹⁶ Jaringan gingiva memberikan kerangka untuk pertahan tubuh perifer. Jaringan yang mengelilingi gigi menutup gigi melalui epitelium junctional dan epitel perlekatan, untuk menahan tekanan gesekan dari mastikasi dan untuk mempertahankan dari ruang potensial diantara gigi dan jaringan lunak dari penjajah asing seperti mikroorganisme.¹⁷ Jaringan lunak ini berlekatan dengan rapat pada tulang maksilla dan mandibula. Pada orang dewasa, gingival normal menutupi tulang alveolar dan akar gigi hingga cementoenamel junction.^{16,18} Gingiva memanjang dari margin gingiva dan ujung dari interdental papilla hingga mucogingival junction. Secara klinis, gingiva dianggap sebagai kombinasi dari jaringan epitel dan konektif.¹⁷

Gingiva dibagi secara anatomi yaitu:^{16,17}



Gambar 2. 1 Struktur Gingiva¹⁸

Sumber : Bathla S.Textbook of periodontics. 1st Ed. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers; 2017 : 3-5, 19, 22, 28, 30, 34-5, 51-3

a. Margin Gingiva

Margin gingiva juga disebut sebagai *free* atau *unattached* gingiva karena pada bagian ini tidak melekat pada dasar periosteum dari tulang alveolar. Marginal gingiva biasanya memiliki lebar 1 mm dan membentuk dinding jaringan lunak dari sulkus gingiva. Sulkus gingiva merupakan ruangan kecil diantara gigi dan free gingival margin. Sulkus gingiva yang berbentuk V memanjang dari junctional epithelium (JE) pada dasar hingga ke free marginal gingiva. Margin gingiva dipisahkan dari attached gingiva oleh garis dangkal yang disebut sebagai free gingival groove yang terletak pada tingkat seperti cementoenamel junction. Margin gingiva merupakan tepi terminal dari gingiva yang menutupi gigi.

b. Attached Gingiva

Attached gingiva merupakan bagian dari gingiva yang melekat dengan rapat pada periosteum dari tulang alveolar dan sementum

oleh serat jaringan connective. Attached gingiva terasa keras sehingga merupakan bagian gingiva yang tidak dapat bergerak. Attached gingiva melekat pada dua struktur yang bergerak yaitu margin gingiva secara coronal dan mukosa alveolar secara apikal. Lebar dari gingiva adalah jarak antara mucogingival junction dan proyeksi pada permukaan eksternal dari bawah sulkus gingival atau poket periodontal

c. Interdental Gingiva

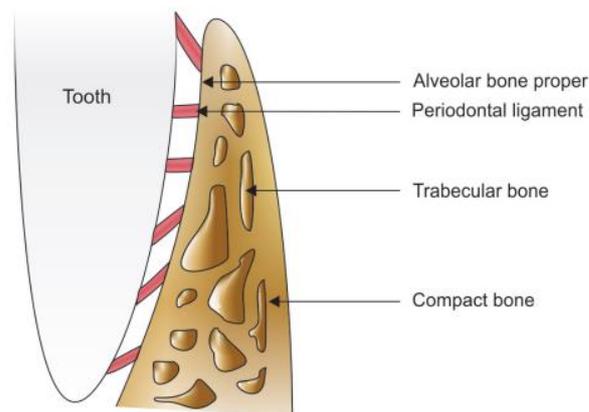
Interdental gingiva ataupun dikenal juga sebagai interdental papilla menempati embrasure gingiva, yang merupakan tempat interproksimal dibawah area dari kontak gigi. Tetapi, interdental gingiva tidak dapat dilihat pada kasus diastem. Interdental gingiva bisa berbentuk piramid, atau memiliki bentuk “col”.

2.1.1.2 Alveolar

Prosesus alveolar didefinisikan sebagai bagian dari mandibula dan maksila yang mengelilingi dan mendukung gigi.¹⁹ Bersama dengan sementum akar dan ligamen periodontal, tulang alveolar membantu dalam perlekatan dari gigi.¹⁶ Prosesus alveolar terbentuk ketika gigi erupsi untuk memberikan perlekatan tulang pada ligamen periodontal yang akan terbentuk dan akan menghilang secara bertahap ketika gigi hilang. Karena prosesus alveolar berkembang dan menjalani proses remodeling dengan pemebntukan dan erupsi gigi, sehingga mereka merupakan tulang yang bergantung pada struktur gigi. Oleh karena itu

ukuran, bentuk, lokasi, dan fungsi gigi menentukan morfologi prosesus alveolar.¹⁸

Mirip dengan tulang skeletal lainnya, alveolar memiliki lapisan terluar dari tulang kortikal dan lapisan dalam dari tulang trabekular. Lapisan tersebut memberikan derajat tinggi dari kekakuan dalam kombinasi dengan berat dari massa tertentu. Lapisan terluar dari permukaan tulang dilapisi oleh periosteum, sedangkan pada dalam tulang dilapisi oleh endosteum.¹⁹



Gambar 2. 2 Tulang Alveolar¹⁸

Sumber : Bathla S.Textbook of periodontics. 1st Ed. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers; 2017 : 3-5, 19, 22, 28, 30, 34-5, 51-3

Pembentukan dari prosesus alveolar dimulai pada kehidupan awal janin dengan deposit mineral pada matrix mesenkimal disekeliling benih gigi. *Mineralizing foci* tersebut akan berfusi dan berkembang mengelilingi gigi yang erupsi, dan semakin gigi erupsi maka semakin besar prosesus alveolar.¹⁹ Prosesus alveolar terdiri dari:¹⁷

1. *Plate* eksternal dari tulang kortikal yang dibentuk oleh tulang havers dan *compact bone lamellae*

2. Dinding soket tipis bagian dalam dari compact bone disebut sebagai alveolar bone proper yang dapat dilihat sebagai lamina dura dalam radiograph. Secara histologis, terdiri dari serangkaian bukaan (*cribriform plate*) yang dimana bundle neurovaskular berhubung ligamen periodontal dengan komponen sentral dari tulang alveolar yaitu *cancellous bone*
3. *Cancellous trabeculae* diantara dua lapisan compact berperan sebagai pendukung tulang alveolar. Interdental septum terdiri dari *cancellous supporting bone* yang tertutup dalam *compact border*.

Berdasarkan fitur anatomi dari prosesus alveolar dapat terbagi menjadi beberapa area, namun berfungsi bersama dengan semua bagian. Fungsi utama dari tulang alveolar adalah untuk mendistribusi dan measorbsi tekanan yang diberikan oleh mastikasi dan kontak gigi lainnya. Alveolar memiliki beberapa fungsi sebagai proteksi yaitu tulang alveolar membentuk socket gigi dan memberikan jangkauan lindungan yang baik dari berbagai macam tekanan pada gigi, sebagai perlekatan yaitu alveolar memberikan permukaan untuk insersi dari serat utama dari ligamen periodonta, sebagai pendukung yaitu tulang alveolar berperan sebagai pendukun untuk akar gigi baik pada sisi fasial dan palatal (lingual), seabgai *shock absorber* yaitu dengan mentransmisikan tekanan terhadap jaringan dasar, berperan sebagai *shock absorber* dan melindungi gigi dari tekanan atau stress langsung.¹⁶

Tulang terdiri dari dua pertiga bahan inorganik dan sepertiga bahan organik. Bahan inorganik utamanya terdiri dari kalsium mineral dan fosfat, serta hydroxyl, karbonat, sitrat, dan ion lainnya seperti sodium,

magnesium, dan fluorine. Bahan organik utamanya terdiri dari kolagen tipe I (90%), dengan sejumlah kecil protein nonkolagen seperti osteocalcin, osteonectin, protein morfogenetik tulang, fosfoprotein, dan proteoglikan.¹⁸

Proses yang dimana bentuk dan ukuran tulang terbentuk disebut sebagai *bone modeling*. *Bone modeling* perpanjangan dari perkembangan tulang embrionik hingga periode sebelum dewasa dari pertumbuhan manusia, yang merupakan berkelanjutan dan menutupi permukaan yang luas. *Bone remodeling* terjadi dengan tujuan untuk mendapatkan pergantian dari tulang lama oleh tulang baru, tidak akan berhenti ketika masa dewasa telah datang, walaupun lajunya akan melambat.¹⁶ *Bone remodelling* memiliki dua proses yaitu *bone resorption* dan *bone apposition* serta melibatkan koordinasi aktivitas dari sel osteoblast dan osteoklas, yang membentuk dan meresorpsi jaringan konektif termineralisasi dari tulang. Deposisi tulang oleh osteoblast di seimbangi oleh osteoklas selama *remodelling* jaringan dan pembaruan, osteoklas akan menurun seiring dengan umur. Resorpsi tulang merupakan proses kompleks yang secara morfologis berhubungan dengan penampilan dari permukaan tulang yang *eroded* dan sel multinukleasi.^{16,18}

Ten Cate mendeskripsikan urutan peristiwa dari proses resorptive yaitu:^{16,18}

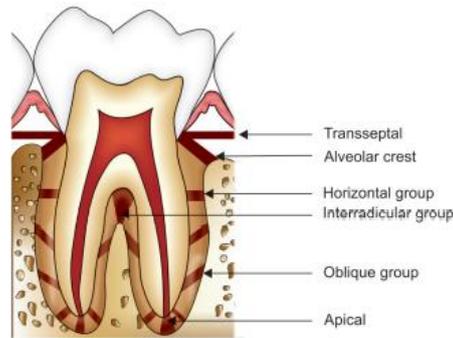
1. Perlekatan dari osteoklas pada permukaan tulang termineralisasi

2. Pembentukan lingkungan asam tersegel melalui aksi dari pompa proton yang mendemineralisasi tulang dan memaparkan matriks organik
3. Matriks organik tulang terurai menjadi asam amino konstituen melalui aksi dari pelepasan enzim seperti asam fosfat dan cathepsin
4. Penyerapan ion mineral dan asam amino di dalam osteoklas

2.1.1.3 Ligamen Periodontal

Ligamen periodontal merupakan jaringan konektif yang menempati antara sementum yang menutupi seluruh akar gigi dan tulang yang membentuk dinding socket. Ligamen periodontal terdiri dari pembuluh darah kompleks dan jaringan konektif. Lebar dari ligamen periodontal berentang dari 0.15 mm hingga 0.38 mm. Bentuknya seperti hourglass secara apicoronal.^{16,18}

Ligamen periodontal memiliki fungsi yaitu melindungi pembuluh darah dan saraf dari cedera akibat tekanan mekanis, transmisi dari tekanan oklulus pada tulang, perlekatan pada gigi terhadap tulang, resistensi terhadap tekanan oklusal, serta fungsi formatif dan sensoris.¹⁸ Ligamen periodontal memiliki serta utama yang dibagi menjadi 6 kelompok yaitu transeptal grup, alveolar crest grup (apico-oblique), horizontal grup, oblique grup, apical grup, dan interradicular grup.¹⁶



Gambar 2. 3 Serat Utama Ligamen Periodontal

Sumber : Bathla S.Textbook of periodontics. 1st Ed. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers; 2017 : 3-5, 19, 22, 28, 30, 34-5, 51-3

2.1.1.4 Sementum

Sementum merupakan jaringan menseskim avaskular terkalsifikasi yang menutupi dari akar gigi. Kekerasan dan kalsifikasi dari sementum, ketika sepenuhnya termineralisasi lebih sedikit daripada dentin. Warna dari sementum adakah kuning muda, dengan permukaan kusam. Sementum tidak memiliki kemampuan untuk *remodel* dan resisten terhadap resorpsi. Ketebalan dari sementum beragam dari 16 μm hingga 60 μm (ketebalan helai rambut) mendekati servikal hingga 150-200 μm (yang paling tebal) mendekati apeks.

Sementum memiliki fungsi yaitu memberikan perlekatan terhadap serat kolagen dari ligamen periodontal ke permukaan akar, sebagai penutup dari permukaan akar atau segelan pada tubulus dentin yang terbuka sehingga mencegah sensitivitas dentin, membantuk mempertahankan gigi dalam oklusi fungsional dan juga berkontribusi dalam proses perbaikan setelah adanya kerusakan terhadap permukaan akar.¹⁶

2.1.2 Klasifikasi Penyakit Periodontal

Klasifikasi berdasarkan *American Academy of Periodontology* (1999), adalah sebagai berikut:¹⁶

1. Penyakit gingiva
 - *Dental plaque-induced gingival disease*
 - *Non plaque-induced gingival disease*
2. Periodontitis kronis
 - *Localized chronic periodontitis*
 - *Generalized chronic periodontitis*
3. Periodontitis agresif
 - *Localized aggressive periodontitis (LAP)*
 - *Generalized aggressive periodontitis (GAP)*
4. Periodontitis sebagai manifestasi dari penyakit sistemik
5. Penyakit periodontal necrotizing
 - *Necrotizing ulcerative gingivitis (NUG)*
 - *Necrotizing ulcerative periodontitis (NUP)*
6. Abses dari periodontal
 - *Gingival abscess*
 - *Periodontal abscess*
 - *Pericoronal abscess*
7. Periodontitis yang berhubungan dengan lesi endodontik
 - *Periodontal-endodontic lesion*
 - *Endodontic-periodontal lesion*
 - *Combined lesion*
8. *Developmental/acquired conditions and deformities*

- Trauma oklusal
- Faktor lokalisir yang berhubungan pada gigi yang predisposisi terhadap *plaque-induced gingival diseases/periodontitis*
- Kondisi dan deformitas mucogingival disekitar gigi
- Kondisi dan deformitas mucogingival pada edentulous ridges

Klasifikasi dari penyakit gingiva yang diinduksi oleh plak:¹⁶

1. Gingivitas yang berhubungan dengan hanya dental plak
 - Tanpa kontribusi faktor lokal
 - Dengan kontribusi faktor lokal
2. Penyakit gingiva yang termodifikasi oleh faktor sistemik
 - Berhubungan dengan sistem endokrin
 - Gingivitis pubertas
 - Gingivitis menstrual
 - Gingivitis kehamilan
 - Gingivits diabetes mellitus
 - Berhubungan dengan diskrasia darah
 - Gingivitis leukemia
3. Penyakit gingiva yang termodifikasi oleh medikasi
 - Penyakit gingiva yang diinduksi oleh obat
 - *Drug-influenced gingival enlargements*
 - *Drug-influenced gingivitis*
 - *Oral contraceptive*
4. Penyakit gingiva yang termodifikasi oleh malnutrisi
 - Gingivits defisiensi asam askorbat

Klasifikasi dari penyakit gingiva yang tidak diinduksi oleh plak:¹⁶

1. Penyakit gingiva dari bakteri spesifik

- *Treponema pallidum*
- *Neisseria gonorrhoea*
- *Streptococcal species*

2. Penyakit gingiva dari viral

- Infeksi herpes virus
 - *Primary herpetic gingivostomatitis*
 - *Recurrent oral herpes*
 - *Varicella zoster*

3. Penyakit gingiva dari jamur

- Infeksi spesies candida: *generalized gingival candidiasis*
- Linear gingival erythema
- Histoplasmosis

4. Penyakit gingiva dari genetik

- *Hereditary gingival fibromatosis*

5. Manifestasi gingiva dari kondisi sistemik

- Mucocutaneous lesions
 - Lichen planus
 - Pemphigoid
 - Pemphigus vulgaris
 - Erythema multiforme
 - Lupus erythematosus

– *Drug induced*

- Reaksi alergi

- Bahan restoratif

- Merkuri

- Nikel

- Akrilik

- Pasta gigi

- Obat kumur

- makanan

6. Lesi traumatik

- Cedera kimia

- Cedera fisik

- Cedera thermal

7. Reaksi tubuh asing

8. Tidak spesifik

Klasifikasi dari periodontitis kronis:¹⁶

1. *Localized*

2. *Generalized* (>30% dari lokasi yang terkena)

Klasifikasi dari periodontitis agresif:¹⁶

1. *Localized*

2. *Generalized*

Klasifikasi dari periodontitis sebagai manifestasi dari penyakit sistemik:¹⁶

1. Hematologic disorders
 - Leukemia
 - Acquired neutropenia
2. Genetic disorders
 - Down syndrome
 - Familial and cyclic neutropenia
 - Leukocyte adhesion deficiency syndormes
 - Chediak-Higashi syndrome
 - Papillon-Lefèvre syndrome
 - Glycogen storage disease

2.2 Bone Graft

2.2.1 Definisi Bone Graft

Bone graft merupakan bahan transplantasi jaringan tulang yang digunakan dalam prosedur bedah tulang untuk memperbaiki dan membangun kembali defek tulang yang telah rusak atau hilang akibat penyakit periodontal.^{20,10}

Fungsi utama dari bone graft adalah untuk memberikan dukungan mekanis dan menstimulasi regenerasi-osteo, dengan tujuan utama yaitu penggantian tulang. Terdapat empat sifat biologis yang diperlukan untuk memenuhi tujuan dari bone graft yaitu osseointegrasi, osteogenesis, osteokonduksi, dan osteoinduksi. Osseointegrasi adalah kemampuan bahan graft untuk mengikat secara kimiawi pada permukaan tulang tanpa adanya intervensi dari lapisan jaringan fibrous. Osteogenesis adalah pembentukan dari tulang baru melalui osteoblas atau sel progenitor yang ada pada bahan graft. Osteokonduksi adalah kemampuan dari bahan bone graft untuk meregenerasi rangka bioaktif ang

dimana sel host mampu tumbuh. Osteoinduksi adalah pengerahan dari sel stem host kedalam tempat transplantasi, dimana protein lokal dan faktor lainnya menginduksi defrensiasi dari sel stem kedalam osteoblast.¹¹

2.2.2 Macam-macam bone graft

2.2.2.1 Autograft

Autograft merupakan transplantasi dari individu yang sama yang diambil dari tubuh pasien sendiri, tidak memiliki sifat antigenik karena pendonor dan penerima merupakan orang yang sama.^{11,13} Autograft dianggap sebagai *gold standard* diantara variasi bahan-bahan transplantasi lainnya karena sifat osteogeniknya serta sifat osteoinduktifnya. Karena autograft memiliki asal biologis yang sama dengan organisme host, menyebabkan resiko dari reaksi imun seperti penolakan transplantasi menjadi 0, memberikan tingkat kesuksesan >95%.¹³

Autograft lebih disukai, dimana osteogenesis merupakan tujuan utama karena pada autograft, *creeping substitution* yang berkembang lebih cepat.¹² *Creeping substitution* adalah proses inisiasi dari pembentukan tulang oleh osteokonduksi dan berperan sebagai kerangka atau framework dari pembuluh darah yang kemudian menyusul migrasi dari osteoblast dari tulang yang ada disekitarnya.²¹ Struktur tulang yang terbuka dan berongga memberikan difusi yang lebih mudah dari pembuluh yang baru terbentuk ketika fase revaskularisasi.¹²

Autograft umumnya diambil dari intraoral dan extraoral pada individu yang sama, seperti simfisis mandibula, ramus mandibula,

external oblique ridge, iliac crest, proksimal ulna, atau distal radius, karena memiliki sumber yang baik dari tulang kortikal dan cancellous. Tidak ada masalah dalam histokompatibilitas dan imunogenesitas dengan autograft, oleh karena itu autograft memiliki tingkatan keamanan biologis tertinggi. Tetapi, sisi negatif dari autograft adalah memiliki biaya bedah tinggi, memiliki resiko bedah yang signifikan seperti perdarahan berlebihan, infeksi, inflamasi dan rasa sakit, yang menyebabkan aplikasi dari autograft dibatasi pada defek tulang yang kecil. Oleh karena itu, defek craniofasial yang besar, autograft bukanlah pilihan yang memungkinkan.¹¹

2.2.2.2 Allograft

Allograft adalah transplantasi dari satu individu ke individu dari spesies yang sama dengan genotipe yang berbeda.¹⁰ Allograft berasal dari donor hidup atau bahan tulang kadaver, yang selanjutnya diproses untuk menetralkan respon imun dan transmisi penyakit infeksi.¹³ Bahan allograft dapat disiapkan dalam tiga bentuk utama yaitu baru, beku, atau beku-kering. Tipe utama dari bahan allograft terdiri dari, *Fresh Frozen Bone* (FFB) yang dibekukan pada -800 C untuk menghindari degradasi oleh enzim, *Freeze Dried Bone Allograft* (FDBA) yang menjalani dehidrasi dan tanpa demineralisasi, dan *Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft* (DFDBA) yang selain dari dehidrasi, bagian inorganik dari tulang dihilangkan yang meninggalkan hanya ada bagian organik.¹³

Bahan allograft yang baru dan beku memiliki sifat osteoinduktif yang superior tetapi jarang digunakan pada masa sekarang karena memiliki

resiko yang tinggi dari respon imunogenik, waktu *shelflife* yang terbatas dan peningkatan resiko transmisi penyakit.¹¹ Allograft harus diambil dari tulang yang sehat dan penggunaan dari allograft untuk memperbaiki tulang sering kali membutuhkan sterilisasi dan deaktivasi dari protein. Matrix ekstraseluler dari jaringan tulang memiliki berbagai tipe dari faktor pertumbuhan tulang, protein, dan bahan bioaktif lainnya yang dibutuhkan untuk osteoinduksi dan keberhasilan dari penyembuhan tulang.¹⁰

Allograft memiliki keuntungan seperti ketersediaan dalam kuantitas yang dibutuhkan, bentuk dan ukuran, hasil yang dapat diprediksi dan eliminasi dari penambahan tempat bedah. Tapi pada sisi lainnya, perpindahan penyakit dari pendonor ke penerima walaupun sangat kecil tetapi tidak dapat sepenuhnya dikeluarkan kemungkinannya dan test tambahan seperti HIV, virus Hepatitis B, dan virus Hepatitis C harus dilakukan.¹³

2.2.2.3 Xenograft

Xenograft adalah transplantasi dari sel, jaringan, atau organ dari satu spesies ke spesies yang berbeda.¹⁰ Bahan dari transplantasi xenograft didapatkan dari spesies yang secara genetik tidak berhubungan dengan host atau penerima.¹¹ Xenograft memiliki sifat osteokonduktif dengan potensi resorptif yang terbatas dan sering digabungkan dengan faktor pertumbuhan atau transplantasi tulang dari sumber yang berbeda.¹³ Bahan-bahan yang digunakan dalam xenograft yang paling umum

adalah tulang *bovine* yang tersedia secara komersial sebagai *BioOss*TM selain itu ada *equine*, *porcine*, *algae*, *coral*, *chitosan*, dan *silk*.^{11,13}

Tulang *bovine* merupakan bahan xenograft yang paling pertama digunakan kepada pasien, merupakan bahan yang tersedia secara komersial dalam berbagai macam produk dan dianggap sebagai bahan yang paling terdokumentasi pada kategori ini. Tulang *bovine* di proses secara bertahap lalu diikuti dengan perawatan kimiawi dengan NaOH untuk memproduksi bahan hydroxyapatite (HA) porus yang hanya memiliki komponen anorganik dari tulang *bovine*.¹¹ *Enzyme-deantigenic equine bone* (EDEB) merupakan campuran dari 1:1 dari tulang cancellous dan kortikal dan ukurannya sebesar 0,5-1 mm. *Equine* ini memiliki kemampuan untuk menginduksi diferensiasi osteoblastik dan angionogenesis ketika sedang diasorpsi oleh osteoklas.^{13,22}

Porcine memiliki persamaan mengenai struktur dan pembentukan dengan tulang manusia, akibat kesamaan dari genom dari manusia dan transmisi penyakit yang rendah. Bahan biomaterial *algae* telah dikombinasikan dengan faktor pertumbuhan seperti BMPs dan TGF β 1, telah terdokumentasi bahwa bahan ini memiliki hasil sinus augmentasi yang sukses, memiliki sifat yang dapat terserap dan secara perlahan akan terganti oleh tulang baru yang terbentuk. Transplantasi tulang *coral* telah pernah diaplikasikan pada defek rahang dan memiliki sifat yang osteokonduktif dan berfungsi sebagai pembawa untuk faktor pertumbuhan, meningkatkan pembentukan tulang. Beberapa penelitian telah melaporkan atas kemampuan dari bahan ini untuk implementasi pada rekonstruksi dentoalveolar dengan hasil yang bagus.¹³

Chitosan merupakan polimer yang diambil dari kelangka luar krustasea yang terdiri dari glucosamine dan N-acetylglucosamine. *Chitosan* dapat menstimulasi regenerasi tulang dengan cara menyediakan struktur yang mendukung aktivitas osteoblastik, dan pembentukan matriks tulang. *Chitosan* tersedia dalam berbagai macam bentuk termasuk butiran, films, hidrogel, dan struktur kompleks seperti *porous scaffolds*. Silk merupakan biopolimer alami yang diambil dari ulat sutera *Bombyx mori*. Bahan ini terdiri dari protein, fibroin dan serisin. Dalam beberapa percobaan klinis yang dilakukan pada tahun 2016, pasien yang menerima membran *silk mat* setelah ekstraksi dari gigi molar ketiga yang impaksi, memiliki penambahan tulang baru yang signifikan sekitar 4 mm, 6 bulan setelah prosedur transplantasi.¹¹

2.2.2.4 Alloplastic

Alloplastic merupakan transplantasi tulang yang dikembangkan untuk meniru jaringan tulang yang alami.¹³ Bahan transplantasi tulang sintetis memberi perlindungan dari metastatis penyakit, dan bahan ini tidak mahal dan mudah didapatkan. Oleh karena itu, penelitian dalam membuat bahan transplantasi tulang sintetis yang ideal masih berjalan. Transplantasi tulang sintetis dibuat dengan cara menggabungkan beberapa bahan, dan studi klinis menggunakan beragam bahan transplantasi tulang sintetis telah perlahan meningkatkan hasil. Tulang sintetis atau tulang buatan harus memiliki sifat kimia, biologis, dan mekanis yang dibutuhkan untuk mempromosi fungsi sel. Oleh karena

itu, komposisi utama dan struktur internal penting dalam meniru dan membuat karakteristik dari tulang alami.²⁰

Alloplastic terdiri dari bahan yang sintetis, anorganik, biokompatibilitas, dan bioaktif, yang diklaim untuk mempromosi penyembuhan tulang melalui osteokonduksi.^{13,23} Sifat bahan alloplastic yang penting adalah biokompatibilitasnya, kecepatan dari resorpsi, dan kapasitas osteogenik, digunakan untuk mengikat sekaligus sebagai agen penstabil. Kesuksesan dari bahan alloplastic tergantung pada kecepatan dari creeping substitution dan pergantian oleh tulang.²¹

Untuk mengatasi potensi imunogenisitas dan morbiditas pada donor, bahan dari tulang sintetis buatan dibuat untuk dapat meniru sifat biologis dari tulang alami. Walaupun seperti itu, bahan buatan yang tersedia hanya memiliki sifat osteointegratif dan osteokonduktif. Bahan yang masuk kedalam kategori tersebut adalah kalsium fosfat keramik, seperti hydroxyapatite (HA), trikalsium fosfat (TCP), dan bioglass, metal seperti nickel-titanium, polimer seperti polymethylmethacrylate (PMMA), dan polyglycolide dan kalsium fosfat semen.¹⁰ Biomaterial kalsium fosfat kebanyakan digunakan sebagai pengganti dari bahan transplantasi pada tulang di regenerasi periodontal karena memiliki komposisi yang identik terhadap substansi tulang.²³

2.3 Xenograft

2.3.1 Tujuan Xenograft

Bone graft dan berbagai jenis bahannya yang bisa didapatkan dalam bentuk bubuk atau blok kebanyakan digunakan dalam kedokteran gigi untuk

meregenerasi struktur jaringan keras yang hilang. Jenis-jenis bone graft saat ini berfungsi sebagai kerangka struktural untuk proses regeneratif-osteo yang berfungsi dalam kriteria osteokonduktivitas. Fungsi utama dari bone graft adalah untuk memberikan dukungan mekanis dan menstimulasi regenerasi-osteo, dengan tujuan utamanya adalah menggantikan tulang. Variasi-variasi bone graft dan bahannya digunakan untuk mengisi rongga tulang, dan augmentasi atau rekonstruksi jaringan periodontal dan defek tulang alveolar.

Bone graft berperan sebagai penyimpan mineral yang akan menginduksi pembentukan tulang baru, juga digunakan sebagai kerangka untuk memberikan pembentukan tulang dan mendukung penyembuhan luka.¹² Bone graft membantu untuk mengisi area yang dimana tulang tidak ada dan membantu untuk memberikan stabilitas struktur. Bone graft memberikan kombinasi fungsi mekanis dan biologis, tergantung pada hasil dari klinisi, salah satu fungsi tersebut bisa menjadi lebih penting dari fungsi lainnya.¹⁰

Bone graft digunakan untuk mengisi defek tulang yang disebabkan oleh infeksi, tumor, trauma, bedah, fusi sendi, dan fraktur.²¹ Penggunaan yang paling umum dari bone graft dalam bidang kedokteran gigi adalah dalam implant untuk merestorasi area edentulous dari gigi yang telah hilang.¹⁰ Setelah dilakukan ekstraksi gigi, tulang alveolar di socket post-ekstraksi terjadi resorpsi. Jika penempatan implant tidak dapat dilakukan secara langsung setelah ekstraksi, maka tulang alveolar dapat resorpsi hingga rekonstruksi prostetik implan tidak dapat lagi memperoleh hasil fungsional optimal dan estetik. Untuk membatasi resorpsi tulang, dapat dilakukan bone graft pada socket.²²

Informasi secara histologis pada manusia menjelaskan bahwa bone graft merupakan salah satu perawatan yang mengubah untuk meregenerasi tulang, dan sementum.²³

2.3.2 Kelebihan Xenograft

Bahan-bahan xenograft berupa bovine, porcine, equine, coral, dan algae memiliki kelebihan berupa osteokonduktif, tersedia dengan banyak, dan tidak memerlukan biaya yang tinggi.¹³ Bovine bone merupakan salah satu bahan yang digunakan di xenograft, bovine bone diproses dengan menggunakan bahan kimia NaOH untuk memproduksi bahan hydroxyapatite (HA) yang hanya terisi dengan komponen inorganik dari bovine bone. Hal tersebut memberikan hasil struktur porus yang sangat mirip dengan tulang manusia dan dapat memberikan dukungan mekanis dan menstimulasi penyembuhan tulang melalui osteokonduksi. Struktur yang porus memberikan area permukaan yang luas, dan mempromosi pertumbuhan pembuluh darah baru melalui angiogenesis yang akan meningkatkan pertumbuhan tulang.¹¹

Bahan lain dari xenograft seperti chitosan memiliki kelebihan seperti imunogenesitas rendah, enkapsulasi serat, versalitas srtuktur dan permukaan hidrofilik yang mempromosikan adhesi dan proliferasi sel. Versalitas dari bahan chitosan merupakan indikasi dari alternatif yang meyakinkan dibandingkan dengan *gold-standard* konvensional dari autograft.¹¹

2.3.3 Kekurangan Xenograft

Xenograft memiliki beberapa kekurangan seperti kemungkinan dari transmisi penyakit dan variabilitas imunogenesitas dari sifat yang tergantung pada metode yang digunakan.¹³ Bahan dari xenograft seperti *bovine bone* memiliki kekurangan seperti granulasi dari bahan tersebut memiliki absorpsi rendah atau lama, dikelilingi oleh jaringan tulang neoplastik daripada memasuki proses *remodelling* tulang normal. Ketika *bovine bone* diproses pada suhu yang tinggi, hal ini bertanggung jawab atau perubahan struktur dari hydroxyapatite yang akan mengurangi potensi absorpsi.¹¹

Bovine bone memiliki ketersediaan yang tidak terbatas dan fisiko-kimia serta struktural yang sangat mirip dengan tulang manusia. Namun beberapa penelitian menunjukkan bahwa bahan ini tidak sepenuhnya dapat direasorpsi karena bahan ini akan menghilang dalam waktu satu tahun. Selain itu, kecepatan dan mekanisme dari reasorpsi tersebut masih belum jelas.²⁴ Bahan lainnya seperti porcine memiliki kekurangan yaitu kapasitas resorpsi yang kurang setelah beberapa waktu, dan perkembangan buruk dari neovaskularisasi. Bahan dari *algae*, kurang memiliki respon host antigenisitas dan inflamasi sedangkan bahan dari *coral*, memiliki kekuatan mekanis yang buruk.¹⁵

2.4 Penggunaan Xenograft dalam Bidang Periodontal

Penyakit periodontal yang merupakan penyakit imun-inflamasi yang diinduksi oleh bakteri menyebabkan kerusakan progresif pada jaringan gingiva. Perawatan periodontal konvensional, termasuk profilaksis oral dan debridement open flap mengakibatkan terhentinya perkembangan penyakit dengan perbaikan pada jaringan tetapi regenerasi periodontal yang minimal. Hal ini menyebabkan perkembangan dari

modalitas *periodontal tissue engineering* (PTE) termasuk penggunaan bone graft, *guided tissue regeneration*, pemberian dari *growth factors*, dan *biomodifications* permukaan akar. Strategi dari rekayasa jaringan periodontal/periodontal tissue engineering (PTE) adalah untuk pembentukan dari tulang alveolar, sementum, dan ligamen periodontal yang baru. Peran dari bone graft adalah sebagai kerangka atau matriks sementara untuk sel pembentuk jaringan, *growth factors*, dan vaskular ingrowth. Bone graft akan teresorpsi pada saat pembentukan tulang baru. Xenograft merupakan substitut tulang yang diambil dari hewan (kebanyakan dari bovine atau porcine). Memiliki kelebihan yaitu tersedia dalam kuantitas besar, tetapi menghadapi permasalahan pada antigenesitas dan pasien yang menolak untuk menggunakannya akibat alasan etis atau agama.

Kemampuan dari bone graft untuk menginduksi regenerasi jaringan periodontal tergantung pada sifat mekanisnya, termasuk geometri makroskopis, karakteristik permukaan, kehadiran dari porositas, distribusi ukuran pori, dan interkoneksi dari pori, yang akan mempengaruhi kecepatan vaskularisasi, difusi dari nutrisi dan kecepatan degradasi. Terdapat variasi luas pada sifat fisikokimia dari bone graft akibat bahannya dan teknik prosesnya.²⁵