

GAMBARAN PERUBAHAN LAJU DEGRADASI BIO OSS COLLAGEN SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI TULANG ALVEOLAR

Otarina^{1*}, Stefhanie Berliana², Niko Falatehan³

¹Departement of Dental Material, Faculty of Dentistry, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

²Graduated Student, Faculty of Dentistry, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

³Departement of Prosthodontic, Faculty of Dentistry, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

*Korespondensi: octarina@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Latar belakang: Perubahan dimensi tulang alveolar setelah pencabutan gigi, baik lebar maupun tinggi dapat mempengaruhi fungsi prostetik dan keberhasilan perawatan implant. Salah satu biomaterial yang telah banyak digunakan secara komersil untuk mengatasi masalah ini adalah Bio-Oss Collagen. Material ini diaplikasikan setelah pencabutan gigi untuk mencegah terjadinya resorpsi tulang alveolar serta merangsang regenerasi pembentukan tulang alveolar yang baru. Bio-Oss Collagen sering dipilih sebagai pengganti tulang karena memiliki biokompatibilitas yang sangat baik. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis sifat biodegradasi dari material Bio-Oss Collagen untuk menilai efektivitasnya dalam mendukung regenerasi tulang alveolar dan mempertahankan struktur tulang yang optimal. **Metode Penelitian:** Bio-Oss Collagen ditimbang untuk mendapatkan berat awal. Material kemudian direndam dalam Larutan SBF (*Simulated Body Fluid*) selama 7 hari. Setelah itu, material tersebut diproses dengan *freeze drying* pada suhu -100°C selama 24 jam. Proses penimbangan kembali dilakukan untuk mendapatkan berat akhir material setelah perendaman dan *freeze drying*. **Hasil:** Penelitian ini menunjukkan bahwa dalam waktu 7 hari, Bio-Oss Collagen dapat terdegradasi dengan mudah dan meninggalkan granul *demineralized bone freeze-drying*. Laju rata-rata biodegradasi dari material Bio-Oss Collagen adalah sebesar 3,66%. **Kesimpulan:** Laju biodegradasi dari Bio-oss Collagen dengan persentase 3,66% menunjukkan bahwa Bio-Oss Collagen memiliki sifat biokompatibel dan dapat digunakan sebagai material pengganti tulang alveolar. Kemampuan biodegradasi Bio-Oss Collagen yang efisien dapat memfasilitasi proses regenerasi jaringan tulang dan memperbaiki serta mempertahankan struktur yang optimal.

Kata kunci: Bio-Oss Collagen, material pengganti, tulang alveolar, uji biodegradasi

ABSTRACT

Background: The function of prosthetics and the outcome of implant therapy may be impacted by changes in the width and height of the alveolar bone following tooth extraction. One biomaterial that is widely used commercially to address this issue is Bio-Oss Collagen. This material is applied after tooth extraction to prevent alveolar bone resorption and stimulate the regeneration of new alveolar bone. Bio-Oss Collagen is frequently chosen as a bone substitute due to its excellent biocompatibility. The purpose of this study was to evaluate the Bio-Oss Collagen material's ability to stimulate alveolar bone regeneration and preserve ideal bone structure by analyzing its biodegradation characteristics. **Methods:** Bio-Oss Collagen was weighed to obtain its initial mass. The material was then immersed in Simulated Body Fluid (SBF) for 7 days. After that, it underwent freeze-drying at a temperature of -100°C for 24 hours. A final weighing was performed to measure the material's mass after immersion and freeze-drying. **Results:** This study demonstrates that Bio-Oss Collagen can readily break down and leave freeze-dried demineralized bone granules in just 7 days. The average biodegradation rate of Bio-Oss Collagen material is recorded at 3.66%. **Conclusion:** The biodegradation rate of Bio-Oss Collagen, at 3.66%, indicates that this material is biocompatible and can be used as an alveolar bone substitute. The efficient biodegradability of Bio-Oss Collagen facilitates bone tissue regeneration and improves and maintains optimal bone structure.

Keywords: alveolar bone, biodegradation test, Bio-Oss Collagen, substitute material

PENDAHULUAN

Pencabutan gigi adalah prosedur pengangkatan gigi dari soket tulang alveolar yang sering dilakukan dalam praktik kedokteran gigi.¹ Kehilangan gigi.² Kehilangan gigi merupakan masalah global yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti penyakit periodontal, trauma, dan proses penuaan. Dampak kehilangan gigi tidak hanya terbatas pada aspek fungsional, seperti menurunnya kemampuan mastikasi, tetapi juga dapat memengaruhi kualitas hidup pasien secara keseluruhan. Gigi tiruan lepasan sering dipilih sebagai solusi awal, namun keterbatasannya dalam memberikan hasil optimal menjadi kendala. Sebaliknya, gigi tiruan cekat memerlukan kondisi gigi dan jaringan sekitarnya yang masih baik, sehingga tidak selalu menjadi opsi yang dapat diterapkan. Dalam beberapa dekade terakhir, protesa implan telah menjadi pilihan utama untuk menggantikan gigi yang hilang. Namun, ketersediaan tulang alveolar sering kali menjadi tantangan utama dalam keberhasilan dalam penggunaan implant.

Kehilangan gigi yang tidak segera ditangani juga dapat menyebabkan pergeseran gigi di sekitarnya, yang pada akhirnya mempengaruhi keseimbangan oklusi dan stabilitas rahang. Selain itu, perubahan fungsi estetik dan fonetik juga dapat terjadi sehingga memengaruhi interaksi sosial pasien.³ Proses ekstraksi gigi menyebabkan perubahan dimensi pada tulang alveolar yang ditandai dengan penurunan baik lebar dan tinggi hingga 50% dari dimensi awal tulang alveolar. Perubahan dimensi pada tulang alveolar ini memiliki

dampak pada fungsi prostetik dan keberhasilan dalam perawatan implan gigi.⁴ Usaha untuk mempercepat proses penyembuhan pasca-ekstraksi gigi diperlukan guna mengembalikan fungsi jaringan ke kondisi normal.⁵ Salah satu usaha yang efektif untuk mendukung proses ini adalah dengan melakukan preservasi soket. Preservasi soket bertujuan untuk memnimalisir kehilangan tulang alveolar setelah dilakukan pencabutan sehingga terdapat tulang yang adekuat. Tulang yang adekuat akan meningkatkan daya tahan dan keberhasilan implan gigi. Berdasarkan asalnya, material preservasi soket dibagi menjadi 4 kelompok yaitu *autogenic* dimana donor berasal dari tubuh pasien sendiri, *allogenic* yang menggunakan donor dari manusia lain, *xenogenic* yang berasal dari donor hewan dan material sintetik yang terbuat dari bahan berbasis garam kalsium.⁶

Salah satu biomaterial yang dapat diaplikasikan setelah pencabutan gigi untuk mencegah terjadinya resorpsi tulang alveolar dan meregenerasi pembentukan tulang alveolar yang baru adalah Bio-Oss Collagen. Bio-oss Collagen adalah suatu material *xenograft* yang beredar secara komersil saat ini. Bio-Oss Collagen berasal dari tulang sapi alami, dan struktur anorganiknya hampir mirip dengan struktur anorganik tulang manusia (fosfor alami kristal rendah).⁷ Bio-Oss Collagen memiliki bentuk standart berupa blok. Biomaterial ini mempunyai komposisi 10% kolagen yang berasal dari *porcein* dan 90% berupa butiran granul yang mengandung material pembentuk tulang.⁸

Bio-Oss Collagen memiliki sifat biokompatibilitas yang sangat baik.^{9,10} Selain itu, Bio-Oss Collagen memiliki sifat osteokonduktif yang artinya dapat mendukung pertumbuhan tulang melalui konduksi jaringan tulang yang ada.¹¹ Namun, ada kekhawatiran mengenai keberadaan partikel granula pembentuk tulang pada Bio-Oss Collagen yang mungkin dapat mempengaruhi pembentukan tulang baru jika tidak terdegradasi sepenuhnya oleh tubuh.¹² Hal ini bisa memicu reaksi inflamasi atau bahkan penolakan tubuh terhadap material asing tersebut. Biomaterial yang ditanamkan ke dalam tubuh manusia akan memicu sistem imun *host*, yang dapat menimbulkan berbagai macam reaksi antara biomaterial dan jaringan *host*, seperti peradangan kronis atau fibrosis, tergantung pada respons biologis individu. Reaksi ini perlu dipantau dengan hati-hati untuk memastikan bahwa regenerasi tulang berlangsung dengan optimal tanpa menimbulkan komplikasi yang tidak diinginkan. Bio-Oss Collagen juga mengandung kolagen yang berasal dari *porcine* sehingga material ini sulit diterima di Indonesia karena kehalalalannya.¹³

Meskipun memiliki kandungan yang mendukung untuk regenerasi jaringan tulang baru, tetapi Bio-Oss Collagen memerlukan uji biodegradasi secara komprehensif guna memastikan efektivitasnya dalam jangka panjang. Biodegradasi adalah kondisi rusaknya material yang dimediasi oleh aktivitas biologi spesifik, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada bagaimana tubuh merespon biomaterial tersebut.¹³ Uji degradasi diperlukan untuk mengetahui kemampuan dari suatu biomaterial

dalam degradasi ketika berinteraksi dengan lingkungan. Kemampuan degradasi biomaterial berfungsi dalam pembentukan jaringan baru karena sifatnya yang berpengaruh pada viabilitas dan proliferasi sel, serta dapat mendukung penyembuhan alami. Biomaterial yang telah diimplementasikan dalam tubuh harus mampu untuk mempertahankan sifat mekanik dan integritas struktural yang cukup sehingga adaptasi sel berjalan dengan baik dan dapat menyimpan matriks ekstraseluler yang dimiliki, serta memastikan bahwa biomaterial tidak menimbulkan efek samping yang merugikan.¹⁴ Diharapkan biomaterial yang bersifat biodegradabel dapat menciptakan ruang bagi jaringan tulang baru untuk dapat tumbuh dan beregenerasi secara optimal.¹⁵

Uji biodegradasi juga diperlukan sebagai parameter untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan biomaterial untuk terdegradasi sesuai dengan pembentukan jaringan tulang yang baru. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui lamanya sampel dapat terurai di dalam tubuh, sehingga sel kemudian dapat menghasilkan matriks ekstraseluler yang akan mendukung regenerasi jaringan.¹⁶ Perbedaan kemampuan laju degradasi dapat tergantung pada variasi perbandingan dan komponen pada suatu biomaterial yang digunakan.¹⁷ Oleh karena itu, biomaterial harus memiliki biodegradasi yang rendah dan terkontrol untuk memberikan waktu yang cukup bagi tulang beregenerasi secara alami tanpa terganggu oleh proses degradasi material yang terlalu cepat atau lambat.

Kecepatan laju degradasi dapat dipengaruhi oleh ukuran porositas suatu

biomaterial. Semakin besar ukuran porositas maka akan semakin mempercepat kemampuan degradasi bahan, karena porositas yang tinggi meningkatkan area permukaan yang terpapar, mempercepat interaksi biomaterial dengan lingkungan sekitarnya. Hal ini dikarenakan ukuran porositas yang semakin besar dapat mempengaruhi sifat hidrofilik suatu biomaterial dimana akses cairan, seperti air atau cairan tubuh, dengan mudah akan berdifusi ke dalam biomaterial, mempercepat proses degradasi melalui penetrasi cairan yang lebih efektif. Sebagai akibatnya, biomaterial yang lebih berpori akan lebih cepat mengalami penurunan massa pada biomaterial seiring dengan meningkatnya kecepatan degradasi. Faktor ini sangat penting dalam desain biomaterial karena kontrol terhadap ukuran porositas harus disesuaikan dengan kebutuhan klinis, seperti pada kasus regenerasi tulang yang membutuhkan waktu tertentu untuk terbentuk.¹⁸

Tingkat degradasi biomaterial dipengaruhi oleh berbagai faktor penting seperti ikatan kimia, komposisi polimer, sifat, dan kondisi lingkungan.¹⁹ Faktor-faktor ini bekerja secara sinergis dalam menentukan seberapa cepat atau lambat suatu biomaterial akan terdegradasi di dalam tubuh, yang pada akhirnya memengaruhi efektivitasnya dalam mendukung regenerasi jaringan. Pengujian degradasi dilakukan dengan cara perendaman sampel pada larutan SBF (*Simulated Body Fluid*) selama rentang waktu yang ditentukan. Larutan SBF merupakan larutan buatan yang memiliki komposisi dan konsentrik ionik yang hampir mirip dengan plasma darah manusia

yang disimpan pada kondisi ringan pH 7,4 dan suhu $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk meniru kondisi tubuh manusia. Proses ini memungkinkan peneliti untuk memprediksi bagaimana biomaterial akan bereaksi di dalam tubuh. Biomaterial yang telah dilakukan perendaman kemudian dikeringkan menggunakan metode *freeze-drying*. Metode ini bersifat mudah dan sederhana untuk menguji kestabilan dan lama waktu biomaterial mengalami biodegradasi dengan meniru kondisi lingkungan tubuh.²⁰ Uji biodegradasi sangat penting sebagai parameter untuk melihat waktu yang dibutuhkan oleh biomaterial terdegradasi sejalan dengan pembentukan jaringan baru. Uji biodegradasi ini juga berfungsi untuk mengetahui lamanya waktu sampel dapat terurai dalam tubuh sehingga sel-sel kemudian dapat menghasilkan matriks ekstraseluler.²¹

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang menjadi pendukung atau landasan dalam penelitian ini. Salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Warastuti dan Suryani pada tahun 2013 yang berfokus pada karakteristik degradasi dari biomaterial poli (kaprolakton-kitosan-hidroksiapatit) iradiasi dalam larutan *Simulated Body Fluid*, sebuah larutan yang dirancang untuk meniru komposisi ionik plasma darah manusia, guna memahami bagaimana bahan ini terdegradasi dalam kondisi yang mendekati lingkungan tubuh manusia. Penelitian ini menggunakan perancah yang terbuat dari bahan polikaprolakton (PCL), kitosan dan hidroksiapatit yang direndam dalam larutan *Simulated Body Fluid* (SBF). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa uji degradasi dalam

larutan *simulated body fluid* (SBF) menunjukkan bahwa waktu perendaman optimal untuk mencapai berat membran terdegradasi maksimal dicapai selama 8 minggu.

Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Dwi Rizky Lestari pada tahun 2014 tentang perbedaan profil degradasi perancah koral buatan berbagai konsentrasi pada medium kultur sel. Penelitian yang menggunakan media kultur sel itu menunjukkan bahwa hasil uji degradasi perancah koral buatan konsentrasi 5:5 berbeda dengan perancah koral buatan konsentrasi 4:6 pada medium kultur sel.

Meskipun telah dilakukan beberapa penelitian untuk menguji sifat biodegradabel dari suatu material biokomposit, tetapi belum ada pengujian sifat biodegradasi pada material Bio-Oss Collagen. Namun, material ini memiliki potensi besar dan karakteristik yang sesuai untuk pembentukan jaringan tulang alveolar, terutama karena sifat osteokonduktifnya yang mendukung regenerasi tulang baru. Oleh karena hal tersebut, maka penelitian ini dilakukan sebagai penelitian pendahuluan untuk mengetahui seberapa besar laju degradasi dari material Bio-Oss Collagen. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan Bio-Oss Collagen pada aplikasi klinis yang lebih luas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dengan jenis eksperimental laboratoris. Penelitian dilakukan pada Juli—Desember 2021 dengan kode etik bernomor



400/HRECC.FODM/VII/2021.

Bahan yang digunakan dalam uji biodegradasi ini adalah Bio-Oss Collagen berbentuk *sponge* dengan berat yang sama dan larutan SBF 10 ml.

Penelitian diawali dengan melakukan penimbangan material Bio-Oss Collagen menggunakan timbangan digital (Ohaus Pioneer PX224/E). Penimbangan Bio-Oss Collagen bertujuan untuk mengetahui berat awal atau *initial weight* (Wi) sebelum diberikan perlakuan. Bio-oss kemudian direndam di dalam larutan SBF (*Simulated Body Fluid*) sebanyak 10 ml pada wadah plastik berukuran 3 x 3 x 2 cm dengan suhu 37°C selama 7 hari. Larutan SBF memiliki komposisi dan konsentrasi ion yang hampir serupa dengan plasma darah manusia yang disimpan pada kondisi ringan dengan pH 7,4 dan suhu 37°C ± 1°C. Setelah perendaman, sampel yang berjumlah sepuluh sampel diambil kemudian dikeringkan dengan menggunakan metode *freeze-drying* selama 2 x 24 jam dengan suhu -100°C. Bio-oss yang sudah kering ditimbang

kembali untuk menentukan berat akhir/*final weight* (Wf).²¹ Uji biodegradasi dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Uji biodegradasi (\%)} = \frac{W_i - W_f}{W_f} \times 100$$

HASIL PENELITIAN

Produk Bio-Oss Collagen dari produsen tampak berbentuk terlihat seperti balok (Gbr. 1a). Perhitungan berat awal dan berat akhir dilakukan untuk setiap sampel yang terlibat dalam penelitian. Durasi penelitian telah ditetapkan selama tujuh hari.

Gambar 1a. Bio-Oss Collagen yang belum diberi perlakuan, ditimbang untuk mendapatkan berat awal dan volume awal



Gambar 1b. Bio-Oss Collagen Setelah Perendaman dengan larutan SBF



Gambar 1c. Bio-Oss Collagen setelah melalui proses *Freeze Drying*

Setelah mendapatkan data berat awal dan berat akhir dari setiap sampel, data tersebut

digunakan untuk menghitung tingkat biodegradasi Bio-Oss Collagen menggunakan rumus uji biodegradasi yang telah ditetapkan.

Hasil pengujian biodegradasi pada sepuluh sampel menunjukkan perubahan dari material Bio-Oss Collagen. Proses perendaman dalam larutan SBF menunjukkan, produk Bio-Oss Collagen terlihat mengalami penguraian dan terlihat seperti pasir basah (Gbr 1b). Setelah proses *freeze-drying*, tampak jelas kandungan kolagen pada produk dari Bio-Oss Collagen sudah hilang dan menyisakan seperti butiran granul-granul yang halus (Gbr 1c). Selain itu, hasil uji biodegradasi yang dilakukan pada sepuluh sampel tersebut juga menunjukkan variasi dalam laju biodegradasi. Perbedaan ini tercermin dalam data yang terdokumentasi dalam Tabel 1. Data uji laju biodegradasi menunjukkan rata-rata sebesar 3,66%, menandakan adanya perbedaan tingkat degradasi antara sampel-sampel tersebut.

Tabel 1. Hasil Uji Biodegradasi Bio-Oss Collagen

Sampel	Berat	Berat	Biodegradasi
	Awal	Akhir	
1	106,8	100,4	6,2
2	106,8	101,8	5
3	106,8	103,5	3,3
4	106,8	104,1	2,7
5	106,8	105,6	1,5
6	106,8	104,3	2,5
7	106,8	102,5	4,3
8	106,8	104,9	1,8
9	106,8	100,1	5,9
10	106,8	103,4	3,4
Rerata	106,8	103,06	3,66

PEMBAHASAN

Preservasi soket dilakukan dengan memberikan *graft* pada soket segera setelah tindakan ekstraksi yang bertujuan untuk mencegah atrofi tulang alveolar dan mempertahankan dimensi tulang yang memadai sehingga dapat memfasilitasi penempatan implant pada posisinya dan mempertahankan kontur tulang yang dapat diterima di area estetik.⁶ *Golden standard* untuk *graft* tulang adalah *graft autologous*, namun memiliki kekurangan yaitu membutuhkan pembedahan pada lokasi kedua untuk pengambilan jaringan, efek pasca bedah, dan adanya keterbatasan dalam jumlah.²²

Bio-Oss berasal dari material alami yaitu salah satunya berasal dari tulang *bovine*. Tulang *bovine* dianggap dapat berperan sebagai pengganti tulang manusia karena memiliki komposisi biologis dan struktur mirip, serta tingkat osteokonduktivitas yang tinggi untuk regenerasi tulang. Tulang alveolar merupakan jaringan yang tidak rata yang akan membuat pengganti tulang dapat gagal untuk menempel pada tulang alveolar disekitarnya sehingga butuh suatu bahan membrane kolagen yang digunakan sebagai pelindung di area regenerasi tulang.²² Beberapa penelitian pada hewan menunjukkan bahan ini setara dengan bahan pengganti tulang lainnya. Bio-Oss Collagen merupakan kombinasi tulang *cancelloous* alami dan 10% serat kolagen yang berasal dari *porcein* dalam bentuk blok dan telah disterilisasi. Kolagen akan memfasilitasi partikel *graft* dan memegang komponen Bio-Oss. Kolagen sebagai komponen utama dari matriks ekstraseluler, memiliki kemampuan

untuk mendukung proliferasi sel, diferensiasi, dan sintesis matriks. Bio-Oss Collagen memiliki keuntungan meliputi biodegradabilitas yang baik sehingga memungkinkan material ini untuk dapat terurai secara bertahap dalam tubuh *host*. Proses ini akan memastikan bahwa ruang yang ditinggalkan oleh material akan diisi oleh jaringan tulang yang baru serta dapat mengurangi terjadinya risiko reaksi imunologis dari sel tubuh serta dapat mendukung regenerasi jaringan tulang yang baru.²³

Penggunaan Bio-Oss Collagen dalam perawatan implan dan rekonstruksi tulang alveolar telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Beberapa aspek keberhasilan regenerasi tulang dengan Bio-Oss Collagen adalah sebagai berikut, penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Bio-Oss Collagen sebagai suatu bahan pengganti tulang alveolar meningkatkan penyembuhan dan integritas dari implant. Bahan Bio-Oss Collagen dapat mengisi cacat atau celah tulang dengan baik, mendukung pembentukan tulang baru di sekitar implant, dan meningkatkan stabilitas implant. Sifat biokompatibilitas Bio-Oss Collagen memungkinkan bahan *graft* ini dapat diterima dengan baik oleh jaringan tubuh *host*. Dalam penelitian ini, tidak ditemukan reaksi penolakan dan menunjukkan bahwa bahan ini aman untuk digunakan. Dalam praktiknya, penggunaan Bio-Oss Collagen dapat dikaitkan dengan adanya penurunan komplikasi pasca operasi, hal ini disebabkan oleh kemampuan bahan untuk mendukung regenerasi tulang yang efektif dan mengurangi waktu pemulihan.²⁴

Proses pembentukan kembali tulang baru memerlukan rentang waktu sekitar 2-8 bulan. Penelitian lain menunjukkan bahwa aplikasi biokomposit dalam bidang kranio-maksilosial memerlukan waktu degradasi sekitar 3-6 bulan.⁹ Untuk mempercepat proses regenerasi jaringan tulang alveolar, salah satu karakteristik penting yang harus dimiliki oleh biomaterial adalah sifat biokompatibel. Dalam hal ini, “biokompatibilitas” mengacu pada kemampuan biomaterial untuk berinteraksi dengan tubuh manusia tanpa menimbulkan reaksi yang merugikan, serta kemampuannya untuk terdegradasi secara bertahap ketika jaringan baru mulai tumbuh. Biomaterial yang tidak dapat terurai dan tetap berada di dalam jaringan dapat mengakibatkan masalah seperti risiko infeksi. Oleh karena itu, pengembangan biomaterial dengan sifat biokompatibel menjadi penting dalam mendukung proses regenerasi tulang yang efektif dan aman.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat biodegradasi suatu biomaterial. Pentingnya sifat biodegradasi dalam biomaterial menjadi fokus utama karena relevansinya dalam konteks aplikasi medis. Biomaterial yang mampu mengalami proses biodegradasi diharapkan dapat menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan jaringan tulang baru.⁹ Perlu diingat bahwa tingkat biodegradasi biomaterial harus sejalan dengan laju pembentukan tulang baru.¹⁷ Keseimbangan ini penting agar proses penyembuhan tidak terlalu cepat atau terlalu lambat. Variasi dalam kemampuan laju degradasi biomaterial dapat disebabkan oleh perbedaan komposisi dan proporsi komponen

dalam material tersebut. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang sifat biodegradasi biomaterial menjadi kunci dalam pengembangan material yang efektif untuk aplikasi medis.

Biodegradasi dalam konteks aplikasi biomedis merujuk pada proses perlahan-lahan kerusakan material yang disebabkan oleh aktivitas biologis yang spesifik.¹² Uji degradasi merupakan langkah penting dalam mengevaluasi sejauh mana kemampuan biomaterial dalam mengalami degradasi saat berinteraksi dengan lingkungan. Kualitas degradasi pada suatu biomaterial sangat berperan dalam proses pembentukan jaringan baru, karena dapat mempengaruhi viabilitas dan proliferasi sel di sekitarnya. Selain itu, sangat penting untuk memastikan bahwa biomaterial yang telah diimplan dalam tubuh dapat mempertahankan sifat mekanik dan integritas struktural yang cukup. Hal ini dibutuhkan untuk memungkinkan adaptasi sel dan penyimpanan matriks ekstraseluler yang diperlukan.¹³ *Scaffold* tulang harus memiliki laju degradasi yang sejalan dengan pembentukan tulang baru. Laju degradasi yang optimal untuk *scaffold* tulang biasanya berkisar antara 1-2% per bulan. Hal ini penting agar *scaffold* dapat mendukung regenerasi tulang tanpa menganggu proses penyembuhan.²⁵

Biomaterial yang memiliki sifat biodegradabel diharapkan mampu memberikan ruang yang memadai bagi pertumbuhan jaringan tulang baru.⁶ Dalam hal ini, pemahaman yang mendalam mengenai proses biodegradasi menjadi krusial dalam pengembangan dan evaluasi biomaterial untuk

aplikasi biomedis guna memastikan kinerja dan keberhasilannya dalam mendukung proses penyembuhan jaringan.²⁶

Tingkat biodegradasi biomaterial diperlukan untuk mendukung sel untuk hidup dan berkembang biak selama proses regenerasi tulang.²² Salah satu faktor yang berpengaruh pada proses biodegradasi pada biomaterial adalah proses penyerapan cairan. Hal ini juga berhubungan dengan ukuran porositas biomaterial. Dengan porositas yang lebih tinggi, biomaterial akan terdegradasi lebih cepat dalam waktu yang lebih lama di dalam tubuh. Proses biodegradasi biomaterial dan kecepatan degradasi di dalam sebuah organisme berhubungan dengan karakteristik dari material dan lokasi di dalam tubuh yang digunakan.²⁷

Velentini et al. dan Milani et al. menyatakan bahwa Bio-Oss Collagen memiliki sifat osteokonduktivitas yang baik dan hasil perawatan implan yang baik, yaitu osteointegrasi. Biokompatibilitas bahan ini juga dikonfirmasi penelitian yang dilakukan oleh Oliveira et al dan Bassil et al, dalam penelitian tersebut mengungkapkan bahan Bio-Oss tidak mempromosikan adanya reaksi sel tubuh *host*. Laporan penelitian juga telah menunjukkan bahwa *survival rate* implan ketika menggunakan *graft* Bio-Oss Collagen, menunjukkan hasil klinis dalam jangka waktu yang panjang. Selain itu kelebihan dari Bio-Oss Collagen memberikan kenyamanan baik bagi pasien dan juga operator, dalam hal ini adalah kebutuhan untuk mengambil donor dari tubuh *host* dapat dicegah.²⁸

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan berat awal dan berat akhir dari material Bio-Oss Collagen yang ditunjukkan pada kesepuluh sampel. Selain itu, terjadi perbedaan laju biodegradasi pada sepuluh sampel tertera. Kemampuan biodegradasi ini dipengaruhi oleh semakin banyaknya variasi campuran. Variasi campuran berakibat pada persentase porositas yang semakin meningkat dan kerapatan semakin menurun sehingga menyebabkan semakin luasnya permukaan dari spesimen yang bersentuhan dengan larutan rendaman. Hal ini disebabkan oleh perlakuan yang diberikan pada material yakni perendaman dengan larutan SBF sebagai perendam.²⁹

Setelah melaksanakan uji biodegradasi menggunakan larutan SBF pada sepuluh sampel, ditemukan bahwa rata-rata laju biodegradasi Bio-Oss Collagen mencapai 3,66%. Angka ini menandakan bahwa Bio-Oss Collagen memiliki kecenderungan untuk terdegradasi dengan cepat.²⁹ Oleh karena itu dari penelitian ini, Bio-Oss Collagen menunjukkan potensi sebagai bahan pengganti tulang alveolar. Pentingnya kecepatan biodegradasi dalam suatu biomaterial adalah untuk memastikan bahwa proses degradasi tersebut terjadi dalam pola yang memadai, memberikan dukungan yang cukup hingga jaringan yang rusak dapat kembali pulih sepenuhnya.³⁰

Proses regenerasi jaringan tulang yang baru bergantung pada biomaterial yang mampu terdegradasi secara bertahap, membebaskan faktor pertumbuhan untuk merangsang proliferasi sel, dan menyediakan lingkungan

yang mendukung pembentukan jaringan baru. Selanjutnya, ketika jaringan baru telah terbentuk dengan baik, biomaterial tersebut haruslah terdegradasi sepenuhnya untuk menghindari adanya bahan asing yang bersisa dalam tubuh.²⁰ Dari hasil pengamatan laju biodegradasi pada material Bio-Oss Collagen dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa semua variasi sampel menunjukkan sifat yang dapat terdegradasi secara alami.¹⁶

KESIMPULAN

Bio-Oss Collagen menunjukkan tingkat biodegradasi yang cukup cepat, dengan rata-rata laju biodegradasi mencapai 3,66%, yang mengindikasikan kemampuan degradasinya yang signifikan dalam lingkungan biologis. Hasil ini menegaskan bahwa Bio-Oss Collagen memiliki potensi sebagai materi yang memiliki kemampuan dalam regenerasi jaringan tulang alveolar, karena sifat degradasinya yang terukur dapat mendukung proses pembentukan jaringan baru dengan efisien. Selain itu, karena kemampuan biodegradasinya yang efisien Bio-Oss Collagen dapat berperan secara positif dalam memfasilitasi proses regenerasi jaringan tulang, sehingga memperbaiki dan mempertahankan struktur tulang alveolar yang optimal. Oleh karena itu, penggunaan Bio-Oss Collagen dalam prosedur pembedahan pencabutan gigi atau perbaikan tulang alveolar memiliki potensi untuk meningkatkan hasil klinis dan mempercepat pemulihan pasien dengan meminimalkan resiko komplikasi.

SARAN

Bio-Oss Collagen dikenal memiliki sifat biodegradasi yang sangat khas dan unik, menjadikannya bahan yang esensial dalam berbagai aplikasi. Namun, karena pentingnya memastikan aspek kehalalan dalam penggunaannya di Indonesia, diperlukan upaya untuk mengembangkan material baru yang tidak hanya memiliki sifat-sifat serupa dengan Bio-Oss Collagen tetapi juga memenuhi standar kehalalan yang dibutuhkan.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa dalam penelitian ini tidak ada konflik kepentingan pada naskah yang akan dipublikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada Instalasi Pusat Biomaterial dan Bank Jaringan RSUD dr Soetomo Surabaya, Jawa Timur dan Pusat Penelitian Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Himammi AN, Hartono BT. Ekstraksi Gigi Posterior dengan Kondisi Periodontitis Kronis Sebagai Persiapan Pembuatan Gigi Tiruan Lengkap pada Pasien Diabetes Mellitus. *J Kesehat Gigi*. 2021;8(1):6–10.
- Zhuang, G., Mao, J., Yang, G., & Wang, H. Influence of different incision designs on bone increment of guided bone regeneration (Bio-Gide collagen membrane+ Bio-OSS bone powder) during the same period of maxillary anterior tooth

- implantation. *Bioengineered*. 2021; 12(1), 2155-2163.
- Tulandi JDG, Tendean L, Siagian K V. Persepsi pengguna gigi tiruan lepasan terhadap fungsi estetik dan fonetik di komunitas lansia Gereja International Full Gospel Fellowship Manado. *e-GIGI*. 2017;5(2).
- Oectarina, Munadziroh E, Razak FA dan Surboyo MDC. Characterisation of Bovine Amniotic Membrane with Hydroxyapatite Bio-Composite. *Coatings*. 2022, 12 (1403) 1-11
- Puspita S, Hanifatunnisa LS, Dharmayanti AWS, Mahanani ES, Saleh E. Effect of Fibroin Sponge on Alveolar Bone Remodeling Process Post Tooth Extraction. *ODONTO Dent J*. 2022;9(1):7.
- Putra MM, Tadjoedin FM, Masulili SLC, Widaryono A. Utilization of Xenograft As a Bone Regeneration Scaffold for Ridge Preservation: a Case Report. *B-Dent J Kedokt Gigi Univ Baiturrahmah*. 2024;10(2):182–90.
- Zhuang G, Mao J, Yang G, Wang H. Influence of different incision designs on bone increment of guided bone regeneration (Bio-Gide collagen membrane +Bio-OSS bone powder) during the same period of maxillary anterior tooth implantation. *Bioengineered*. 2021;12(1):2155–63.
- Wang J, Cui W, Zhao Y, Lei L, Li H. Clinical and radiographic evaluation of Bio-Oss granules and Bio-Oss Collagen in the treatment of periodontal intrabony defects: a retrospective cohort study. *J Appl Oral Sci*. 2024;32:1–10.
- GY Y, X T, KW C, Al E. Thermal-Fenton mechanism with sonoprocessing for rapid non-catalytic transesterification of microalgal to biofuel production. *Chem Eng J*. 2021;408:127–264.
- Keil C, Gollmer B, Zeidler-Rentzsch I, Gredes T, Heinemann F. Histological evaluation of extraction sites grafted with Bio-Oss Collagen: Randomized controlled trial. *Ann Anat*. 2021;237:151722.
- Kang J, Shibasaki M, Terauchi M, Oshibe N, Hyodo K, Marukawa E. Comparative analysis of the in vivo kinetic properties of various bone substitutes filled into a peri-implant canine defect model. *J Periodontal Implant Sci*. 2024;54(2):96–107.
- KR F, PR GW, Schmidlin KF, A F. Ridge preservation of compromised extraction sockets applying a soft cortical membrane: a canine proof-of-principle evaluation. *Ann Anat*. 2020;231.
- Meyranti, F. A. R. The characteristics of swelling and biodegradation tests of bovine amniotic membrane-hydroxyapatite biocomposite. *Majalah Kedokteran Gigi*. 2023; 56(3), 172-177.
- Winiati W, Septiani W. In Vitro and In Vivo Biodegradation Activities of Chitosan Fiber After Receiving Dehydration and Plasticizer. *J Ilm Arena Tekst*. 2013;20(1):29–37.
- Wei S, Xiong Ma J, Xu L, Song Gu X, Long Ma Xi. Biodegradable Materials for Bone Defect Repair. *Mil Med Res*. 2020;7(54):457–70.
- Triyono J, Hidayat T, Masykur A. Karakterisasi

- dan Laju Biodegradasi Material Biokomposit Bovine Hidroksiapatit (Bha)/ Ampas Kopi / Shellac sebagai Material Pengisi Tulang. *Rotasi*. 2020;22(2):111–8.
- Warastuti Y, Suryani N. Karakteristik Degradasi dari Biomaterial Poli-(kaprolakton-kitosan-hidroksiapatit) Iradiasi Dalam Larutan Simulated Body Fluid Degradation Characteristics of Irradiated Poly-(caprolactone-chitosan-hydroxyapatite) Biomaterial in Simulated Body Fluid Solution. *J Ilm Apl Isot dan radiasi*. 2013;9(ISSN 1907-0322):11–22.
- Abbott RD, Kaplan DL. Engineering Biomaterials for Enhanced Tissue Regeneration. *Curr Stem Cell Reports*. 2016;2(2):140–6.
- Marsa Y, Susanto AB, Pramesti R. Bioplastik dari Karagenan Kappaphycus alvarezii dengan Penambahan Carboxymethyl Chitosan dan Gliserol. *Bul Oseanografi Mar*. 2023;12(1):1–8.
- Md Saad AP, Prakoso AT, Sulong MA, Basri H, Wahjuningrum DA, Syahrom A. Impacts of dynamic degradation on the morphological and mechanical characterisation of porous magnesium scaffold. *Biomech Model Mechanobiol*. 2019;18(3):797–811.
- Md Saad AP, Abdul Rahim RA, Harun MN, Basri H, Abdullah J, Abdul Kadir MR, et al. The influence of flow rates on the dynamic degradation behaviour of porous magnesium under a simulated environment of human cancellous bone. *Mater Des*. 2017;122:268–79.
- Kasuya, S., Kato-Kogoe, N., Omori, M., Yamamoto, K., Taguchi, S., Fujita, H., & Moy, P. K. New bone formation process using bio-oss and collagen membrane for rat calvarial bone defect: histological observation. *Implant Dentistry*. 2018; 27(2), 158-164.
- Kato E, Lemler J, Sakurai K, Yamada M. Biodegradation property of betatricalcium phosphate-collagen composite in accordance with bone formation: A comparative study with bio-oss collagen® in a rat critical-size defect model. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014;16(2):202–11.
- Li Y, Liu Y, Li R, Bai H, Zhu Z, Zhu L, et al. Collagen-based biomaterials for bone tissue engineering. *Mater Des*. 2021;210(1):110049.
- Ardhiyanto HB, Naini A, Yustisia Y. Potensi Limbah Dental Gypsum Sebagai Bahan Baku Material Pengganti Tulang. 2016;10(1).
- Yuliat A, Kartikasari N, Munadziroh E, Rianti D. The Profile of Crosslinked Bovine Hydroxyapatite Gelatin Chitosan Scaffolds with 0.25% Glutaraldehyde Anita. *J Int Dent Med Res*. 2017;10(1):151–5.
- de Carvalho Moreira, A., Silva, J. R., de Paula Samico, R., de Melo Nishioka, G. N., & Nishioka, R. S. Application of Bio-Oss in tissue regenerative treatment prior to implant installation: literature review. *Brazilian Dental Science*. 2019; 22(2), 147-154.
- Agustantina TH, Munadziroh E, Yuliat A, Bahtiar MRH, Octarina, Salma RF, et al.

The characteristics of swelling and biodegradation tests of bovine amniotic membrane-hydroxyapatite biocomposite.
Dent J. 2023;56(3):172–7.

Bose S, Roy M, Bandyopadhyay A. Recent advances in bone tissue engineering scaffolds. Trends Biotechnol. 2012;30(10):546–554.

Sadeghi D, Nazarian H, Marouf N, Aghalu F, Nojehdehyan H, Dastjerdi E V. Alkaline Phosphatase Activity of Osteoblast Cells on Three-Dimensional Chitosan-Gelatin/Hydroxyapatite Composite Scaffolds Introduction. J Dent Sch. 2013;30(4):203–9.