

Application of biopolymers derived from seaweed and their use in dentistry

Aplikasi biopolimer dari rumput laut dan penggunaannya dalam bidang kedokteran gigi

¹Alda, ²Nur Mutiara Rezky, ³Annisa Rahmayani, ⁴Lenni Indriani

^{1,2,3}Mahasiswa Program Studi Profesi Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

⁴Departemen Ilmu Material Teknologi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

Makassar, Indonesia

Corresponding author, e-mail: 1aldaaa052002@gmail.com

ABSTRACT

The use of synthetic materials in dentistry often leads to problems with medical waste that is difficult to degrade and the risk of infection due to suboptimal mechanical properties and biocompatibility. Acrylic resin, for example, is prone to fracture and can become a breeding ground for microorganisms that cause denture stomatitis. Furthermore, the use of denture adhesives can cause mucosal irritation and increase the risk of infection. This article evaluates the potential of seaweed biopolymers as an environmentally friendly, biocompatible, and multifunctional alternative material in dentistry. Seaweed biopolymers are expected to address waste issues and support clinical applications such as dental impression materials, tissue scaffolds, and drug delivery systems effectively and safely. Consequently, the use of seaweed biopolymers can promote more sustainable and innovative dental practices. It is concluded that seaweed biopolymers are environmentally friendly, biocompatible, and multifunctional alternative material for dentistry. Further research is required to optimise their clinical applications.

Keywords: biopolymers, seaweed, dentistry, alginate

ABSTRAK

Penggunaan bahan sintesis dalam kedokteran gigi sering menimbulkan masalah limbah medis yang sulit terurai dan risiko infeksi akibat sifat mekanik dan biokompatibilitas yang kurang optimal. Resin akrilik, misalnya, rentan patah dan menjadi tempat berkembangnya organisme mikro penyebab *denture stomatitis*. Selain itu, penggunaan *denture adhesive* dapat menyebabkan iritasi mukosa dan meningkatkan risiko infeksi. Pada artikel ini dievaluasi potensi biopolimer dari rumput laut sebagai bahan alternatif kedokteran gigi yang ramah lingkungan, biokompatibel, dan multifungsi. Biopolimer rumput laut diharapkan dapat mengatasi permasalahan limbah serta mendukung aplikasi klinis seperti bahan cetak gigi, *scaffold* jaringan, dan sistem pengantaran obat secara efektif dan aman. Dengan demikian, penggunaan biopolimer rumput laut dapat mendorong praktik kedokteran gigi yang lebih berkelanjutan dan inovatif. Disimpulkan bahwa biopolimer rumput laut merupakan bahan alternatif kedokteran gigi yang ramah lingkungan, biokompatibel, dan multifungsi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan aplikasinya secara klinis.

Kata kunci: biopolimer, rumput laut, kedokteran gigi, alginat

Received: 10 September 2025

Accepted: 5 January 2026

Published: 1 April 2026

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, kesadaran akan pentingnya keberlanjutan lingkungan telah mendorong perubahan paradigma dalam berbagai bidang, termasuk kedokteran gigi. Praktik kedokteran gigi konvensional sering menghasilkan limbah berbahaya dan menggunakan bahan yang sulit terurai secara alami, sehingga berkontribusi pada pencemaran lingkungan.^{1,2}

Biopolimer yang berasal dari rumput laut, seperti alginat, agar, dan karagenan, telah menunjukkan potensi besar sebagai bahan komposit dalam bidang kedokteran gigi karena sifat biokompatibilitas, *biodegradability*, dan kemampuan mekaniknya yang baik. Alginat, yang diekstrak dari rumput laut coklat, telah lama digunakan sebagai bahan cetak karena elastisitas dan stabilitas dimensinya, serta kemampuannya membentuk gel yang mudah dikontrol.^{3,4}

Bahan yang biokompatibel dan ramah lingkungan memegang peranan penting dalam pengembangan teknologi kedokteran gigi modern. Penggunaan biomaterial alami, khususnya biopolimer dari rumput laut, menawarkan solusi yang menjanjikan untuk menggantikan bahan sintesis konvensional yang berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan pasien dan lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut definisi IUPAC, biopolimer merupakan molekul tunggal yang memiliki struktur berulang, seperti polisakarida, asam nukleat, dan protein. Biopolimer ini bersifat biokompatibel dan *biodegradable*, sehingga sangat cocok untuk aplikasi medis, termasuk dalam bidang kedokteran gigi, seperti bahan cetak, *scaffold* jaringan, dan bahan pengiriman obat.⁶

Klasifikasi biopolimer

Biopolimer dibedakan atas alami dan sintesis. Biopolimer alami merupakan molekul makro yang berasal dari sumber biologis seperti tumbuhan, hewan, organisme mikro, dan alga laut.⁷

Komposisi dan sumber biopolimer alami, adalah 1) alginat, adalah polisakarida alami yang diekstrak dari rumput laut, terutama dari

jenis *Kappaphycus alvarezii* dan rumput laut coklat seperti *Sargassum* sp. sifatnya yang elastis, ireversibel, biokompatibel, dan mudah digunakan;⁸⁻¹⁰ 2) chitosan, adalah polisakarida alami yang diperoleh dari deasetilasi kitin, senyawa yang banyak ditemukan pada eksoskeleton krustasea seperti kepiting dan udang yang memiliki sifat biokompatibel, *biodegradable*, bioaktif, antibakteri, antifungal, dan anti-inflamasi;¹¹⁻¹³ 3) kolagen, merupakan komponen utama matriks ekstrasel pada jaringan periodontal dan berperan penting dalam penyembuhan luka serta regenerasi jaringan. Karena sifatnya yang biokompatibel, *biodegradable*, dan bioaktif, kolagen banyak digunakan sebagai biomaterial *scaffold* dalam terapi penyakit periodontal dan rekayasa jaringan oral;^{7,14} 4) hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), adalah mineral utama penyusun tulang dan gigi manusia. HAp memiliki sifat biokompatibel, osteokonduktif, dan bioaktif, yang mendukung proses regenerasi tulang dan remineralisasi jaringan keras gigi;¹⁵⁻¹⁷ 5) agar dan karagenan, memiliki sifat gelasi yang baik, biokompatibel, *biodegradable*, dan memiliki potensi besar sebagai bahan *scaffold*, film bioaktif, dan sistem penghantaran obat dalam aplikasi dental.¹⁸

Biopolimer sintesis dibuat melalui polimerisasi monomer yang berasal dari sumber terbarukan atau sintesis, seperti *polylactic acid* (PLA), *polyglycolic acid* (PGA), dan *polycaprolactone* (PCL).¹⁹ Jenis polimer yang biasa digunakan antara lain 1) PLA dan PGA, adalah polimer *biodegradable* yang banyak digunakan sebagai *scaffold* dalam rekayasa jaringan tulang dan jaringan lunak; 2) PCL, PCL memiliki waktu degradasi lebih lama dibanding PLA dan PGA, sehingga cocok untuk aplikasi *scaffold*; dan 3) *polyethylene glycol* (PEG) digunakan sebagai bahan dasar hidrogel yang dapat dimodifikasi untuk aplikasi pengiriman obat dan *scaffold* jaringan lunak karena sifatnya yang biokompatibel dan mudah dimodifikasi.

Rumput laut sebagai sumber biopolimer

Rumput laut adalah makroalga laut yang tumbuh di perairan dan dikenal sebagai sumber utama biopolimer alami, antara lain 1) alga merah (*Rhodophyta*), seperti *Gracilaria*, *Gelidium*, *Euclima*, dan

Furcellaria dikenal sebagai penghasil utama agar, carrageenan, dan furcellaran. Agar terdiri atas dua komponen utama, yaitu agarosa dan agaropektin, dan digunakan sebagai agen pengental dan penggelling baik dalam makanan maupun aplikasi biomedis karena kemampuannya membentuk gel termoreversibel.²⁰ 2) alga coklat (*Phaeophyta*). Alga coklat seperti *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Macrocystis*, dan *Sargassum* kaya akan alginat, *fucoidan*, dan *laminarin*. Alginat adalah polisakarida blok β -*D-mannuronat* dan α -*L-guluronat* yang sering digunakan untuk membentuk hidrogel dalam farmasi, *wound dressing*;²¹ 3) alga hijau (*Chlorophyta*). Alga hijau berpotensi besar sebagai sumber biopolimer, terutama ulvan.^{22,23}

Biopolimer rumput laut yang relevan untuk kedokteran gigi

Biopolimer rumput laut dalam bidang kedokteran gigi adalah 1) alginat, merupakan bahan cetak elastomer yang paling banyak digunakan untuk membuat cetakan negatif gigi dan jaringan mulut. Alginat bersumber dari rumput laut coklat (*Sargassum sp.*, *Padina sp.*, dan *Turbinaria sp.*);^{24,25} 2) karagenan, berfungsi sebagai pengental, penstabil, dan pembentuk gel pada formulasi pasta gigi, memberikan tekstur dan viskositas yang sesuai. Selain itu, karagenan digunakan dalam sistem penghantaran obat, rekayasa jaringan, dan biosensor karena kemampuan membentuk gel dan sifat bioadesifnya. Sumber karagenan berasal dari rumput laut merah (*Kappaphycus alvarezii*, *Euचेuma cottonii*);²⁶ 3) agar, digunakan sebagai bahan cetak reversibel untuk model gigi, meski penggunaannya mulai tergantikan oleh alginat dan silikon. Sumber agar berasal dari rumput laut merah (*Gracilaria sp.*, *Gelidium sp.*);²⁷ 4) kitosan, memiliki sifat antimikroba dan sering digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit resin, serta sebagai bahan antibakteri dalam pasta gigi dan perawatan luka mulut. Sumber kitosan dapat diperoleh dari rumput laut dan sumber laut lainnya.²⁶

Konsep bahan komposit dalam kedokteran gigi

Bahan komposit dalam kedokteran gigi biasanya berupa matriks resin organik dan partikel pengisi anorganik yang dihubungkan oleh agen kopling seperti silane. Kombinasi ini menghasilkan bahan dengan sifat mekanik, estetik, dan biologis yang unggul dibandingkan komponen tunggalnya. Komposit gigi banyak digunakan untuk restorasi karena kemampuannya meniru warna dan struktur alami gigi, serta sifat adhesi yang baik pada jaringan gigi.²⁸

Konsep dan fungsi bahan komposit di kedokteran gigi

Keseimbangan sifat mekanik dan estetika

Komposit kedokteran gigi dirancang untuk meniru warna, transparansi, dan tekstur gigi alami sehingga restorasi tampak alami dan estetik.²⁹

Penggunaan resin komposit

Resin komposit banyak digunakan untuk restorasi gigi anterior dan posterior, termasuk penutupan kavitas, veneer, mahkota sementara, dan sebagai bahan pengisi pada gigi yang mengalami karies atau kerusakan mekanik.²⁹

Inovasi nanopartikel dan filler canggih

Penambahan nanopartikel filler meningkatkan kekuatan mekanik dan daya tahan komposit sekaligus mempertahankan estetika dan biokompatibilitas.²⁹

Proses polimerisasi

Polimerisasi resin komposit biasanya dilakukan dengan pemaparan cahaya biru pada panjang gelombang sekitar 470 nm, yang mengaktifkan inisiator dan mengubah pasta resin menjadi bahan padat dan keras.²⁹

Keunggulan komposit dibandingkan bahan lain

Komposit memiliki keunggulan dibandingkan amalgam atau bahan keramik tunggal karena dapat melekat pada jaringan gigi, memperbaiki estetika, dan lebih hemat jaringan gigi alami saat preparasi.²⁹

Potensi aplikasi biopolimer rumput laut dalam bahan komposit kedokteran gigi

Potensi aplikasi biopolimer rumput laut dalam bahan komposit kedokteran gigi sangat menjanjikan karena sifat biokompatibilitas, biodegradabilitas, dan kemampuan mekanik yang baik dari polisakarida yang dihasilkan oleh rumput laut, seperti karagenan, agar, dan alginat.²⁶

PEMBAHASAN

Alginat adalah polisakarida tersulfasi yang berasal dari rumput laut coklat, seperti rumput laut. Ada banyak perusahaan komersial yang memproduksi bahan cetakan siap pakai yang menggunakan alginat sebagai salah satu bahan pembuatnya, seperti Neocolloid (Zhermack), Palgat Plus (3M ESPE), dan Blueprint Cremix (Dentsply). Komposisi bahan cetakan terdiri atas polimer, bahan penghubung silang, pengubah pH, sekuestran, pengisi, dan pengubah warna lainnya. Ada polimer alami lain dari rumput laut yang dapat membantu pembuatan bahan cetak, seperti karagenan, ulvan, fucoidan, dan agarosa.³

Bionanokomposit ini bersifat biokompatibel, dan juga menunjukkan aktivitas seperti antimikroba, antioksidan, dan anti-inflamasi. Beberapa nanokomposit bahkan tidak beracun bagi sel darah yang memiliki sifat antikoagulan dengan hemokompatibilitas.³

Alginat merupakan polisakarida anionik yang diekstrak dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*), seperti *Sargassum sp.* dan *Kappaphycus alvarezii*. Alginat memiliki kemiripan struktur dengan glikosaminoglikan (GAG) pada matriks ekstrasel jaringan manusia, sehingga sangat berpotensi sebagai biomaterial untuk aplikasi kedokteran gigi dan rekayasa jaringan, termasuk sebagai *scaffold* untuk regenerasi tulang alveolar.³⁰

Penelitian oleh Kurnia dan Hamrun menunjukkan bahwa *scaffold* berbasis alginat mampu mendukung regenerasi tulang alveolar dengan mengantarkan faktor osteokonduktif dan protein secara stabil ke area kerusakan. Namun, sifat mekanik alginat yang relatif lemah menjadi kendala utama, sehingga perlu diperkuat dengan penambahan bahan anorganik seperti hidroksiapatit untuk meningkatkan kekuatan dan osteokonduktivitasnya.³⁰

Penelitian oleh Nafisah membuktikan bahwa alginat berbasis rumput laut merah *Kappaphycus alvarezii* memiliki nilai *elastic recovery* sebesar 97,43%, mendekati bahan cetak komersial yang mencapai 98,42%. *Elastic recovery* yang tinggi (>95%) sangat penting untuk menjaga keakuratan cetakan gigi agar tidak terjadi perubahan dimensi setelah dilepas dari rongga mulut.³¹

Penggunaan alginat dalam bentuk *scaffold* atau bahan pengisi komposit perlu dioptimalkan dengan penambahan filler anorganik dan modifikasi kimia untuk meningkatkan adhesi, kekuatan mekanik, dan ketahanan terhadap degradasi. Selain itu, pengaturan waktu pengerasan dan elastisitas bahan cetak alginat juga harus disesuaikan agar mendukung efisiensi dan akurasi prosedur klinis.³²

Disimpulkan bahwa biopolimer dari rumput laut merupakan alternatif bahan kedokteran gigi yang ramah lingkungan, biokompatibel, dan multifungsi, sehingga mampu mengurangi limbah medis serta mendukung regenerasi jaringan dan aplikasi klinis lainnya seperti bahan cetak gigi, *scaffold* jaringan, dan sistem penghantaran obat. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan

kekuatan mekanik dan stabilitas biopolimer ini agar dapat dioptimalkan penggunaannya dalam praktik klinis. Oleh karena itu, disarankan agar kolaborasi antara peneliti, praktisi, dan industri terus ditingkatkan guna mengembangkan formulasi dan teknologi baru, sehingga biopolimer rumput laut dapat diimplementasikan secara efektif dan berkelanjutan dalam bidang kedokteran gigi modern.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sant I, Tripathi P, Chandra S, Sinha S. Eco-dentistry: sustainable practices for healthier life and a greener planet. *Asian J Oral Health Allied Sci* 2025; 15:2.
2. Mittal R. Eco-friendly dentistry—preventing pollution to promoting sustainability. *Indian J Dent Sci* 2020;12(4):45-52.
3. Sudhakar MP, Nallasamy VD, Dharani G, Buschmann AH. Applications of seaweed biopolymers and its composites in dental applications. *J Appl Biomater Funct Mater* 2024; 12(1): 62-68
4. Sharma S. Fabrication and characterization of stimuli responsive scaffold/bioink for dental tissue engineering. *Mater Sci Eng C* 2023;142:114559.
5. Arai SRS, Blazevic MGH, Michel-Crosato E, De Campos TT. Environmental sustainability related to dental materials and procedures in prosthodontics: a critical review. *J Prosthodont* 2023;32(7):654-62.
6. Reddy N, Yang Y. Biopolymer: a sustainable material for food and medical applications. *Polymers (Basel)* 2022;14(5):973.
7. Zhang Y. Biomaterial scaffolds for periodontal tissue engineering. *Materials (Basel)* 2025;18(9):2124.
8. Indahyani DE, Barid I, Nafisah. Elastic recovery properties of alginate impression materials based on red algae *Kappaphycus alvarezii*. *J Dent Indones* 2023;30(3):233-9.
9. Choudhary P. Alginate impressions: a practical perspective. *J Conserv Dent* 2008;11(4):152-7.
10. Chaiyabutr Y. Dental alginate impressions. In: *Statpearls*. 2023.
11. Suresh K. Chitosan nanoparticle applications in dentistry: a sustainable biopolymer. *Front Chem* 2024;12:1362482.
12. Jayakumar R. Chitosan biomaterials for current and potential dental applications. *Int J Mol Sci* 2017;18(6):1151.
13. Ciccio M, Fiorillo L, Cervino G. Chitosan use in dentistry: a systematic review of recent clinical studies. *Mar Drug* 2019;17(7):374.
14. Feng Y, Li H-P. Optimizing collagen-based biomaterials for periodontal regeneration: clinical opportunities and challenges. *Front Bioeng Biotechnol* 2024; 12:1469733.
15. Habibah TU, Amlani DV, Brizuela M. Hydroxyapatite dental material. In: *Statpearls*. 2025. PMID:30020686
16. Singh P. Dental applications of ion-substituted hydroxyapatite: a review. *Materials Science & Engineering C*; 2024.
17. Pasquali D. Dental applications of systems based on hydroxyapatite nanoparticles—an evidence-based update. *Crystals* 2021;11(6):674.
18. Singh P. Dental applications of ion-substituted hydroxyapatite: a review. *Materials Science & Engineering C*; 2024
19. Ranjbar-Mohammadi M. Applications and interventions of polymers and nanomaterials in alveolar bone regeneration and tooth dentistry. *RSC Adv* 2024.
20. Nestic A, Meseldzija S, Benavides S, Figueroa FA, Cabrera-Barjas G. Seaweed as a valuable and sustainable resource for food packaging materials. *Foods* 2024;13(19):3212.
21. Eladl SN, Elnabawy AM, Eltanahy, E.G. Recent biotechnological applications of value-added bioactive compounds from microalgae and seaweeds. 2024;65:28.
22. Subrata I, Sumaryani NP. Identifikasi jenis rumput laut yang terdapat pada ekosistem alami perairan nusa penida. *Emasains* 2021;10(1):141-54.
23. Pesang MD. Komposisi pigmen pada *Ulva Sp.*, *Padina australis* dan *Hypnea Sp.* dari Pantai Tablolong Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kelautan Tropis* 2020;23(2):225-33.
24. Indahyani, Didin E. Stabilitas dimensi dan setting time bahan cetak anatomis kedokteran gigi dari ekstrak natrium alginat rumput laut merah (*Kappaphycus alvarezii*) dari desa Agel, Kecamatan Jangkar, Situbondo. *STOMATOGNATIC Jurnal Kedokteran Gigi* 2023;20(1):32-7.
25. Putri WA. Sintesis bahan cetak gigi natrium alginat dari alga coklat *Sargassum Sp.* yang berpotensi untuk aplikasi klinis. 2012
26. Simmamora MT, Indriyani E. Pemanfaatan rumput laut *Kappaphycus Sp.* di Kepulauan Yapen Papua sebagai bahan bioplastik dengan penambahan kitosan. 6(2):66-71
27. Gultom E, Simbolon B. Ketepatan dimensi duplikat model dengan penggunaan agar-agar powder sebagai pengganti bahan cetak (laporan penelitian). *Jurnal Kedokteran Gigi Terpadu* 2022; 4(2).
28. Paolone G. The continuous evolution of composites for direct restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2022;43(2):96-8. PMID: 35077191
29. Putri AR. Aesthetic complex management of four upper anterior teeth. *Interdental Jurnal Kedokteran Gigi* 2025;21(1):178-83
30. Wirayuni KA, Pumama-Dewi T. The effect of hydroxyapatite filling from chicken eggshells in the formulation of brown algae (*Sargassum Sp.*) extract on setting time. *Interdental Jurnal Kedokteran Gigi* 2024.20(2): 259
31. Nafisah. Elastic recovery bahan cetak alginat berbasis rumput laut merah *Kappaphycus alvarezii*. 2023:22
32. Ranggang BM, Ihsan M. Utilization of brown algae (*Sargassum Sp.*) as dental impression material 2022;11(2):14