

TEKNOLOGI DALAM PEMASANGAN IMPLAN GIGI DENGAN HYDROXYAPATITE DAN MATERIAL

Susanna Halim¹, Susanto², Ruben Tutamana Lumbansiantar³,
Angeline Fransisca Panjaitan⁴, Cut Asy Syifa Zaharani⁵

¹Department of Esthetics and Dental Implant, Fakultas Kedokteran, Kedokteran Gigi, dan Ilmu Kesehatan Universitas Prima Indonesia

²Fakultas Kedokteran, Kedokteran Gigi, dan Ilmu Kesehatan Universitas Prima Indonesia

^{3,4,5} Undergraduate Student Fakultas Kedokteran, Kedokteran Gigi, dan Ilmu Kesehatan Universitas Prima Indonesia

e-mail: susannahalim@unprimdn.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh peran krusial implan gigi sebagai solusi rehabilitasi kehilangan gigi, namun masih menghadapi tantangan terkait integrasi tulang, ketahanan material, dan optimalisasi prosedur. Penggunaan material seperti hidroksiapatit (HA) dan teknologi modern terus dikembangkan untuk mengatasi masalah ini. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus untuk melakukan tinjauan literatur terhadap perkembangan terkini dalam material dan prosedur pemasangan implan gigi. Metode yang digunakan adalah *literature review* deskriptif analitis terhadap tiga artikel utama yang relevan, membahas sintesis HA/MWCNT, interaksi implan dengan saliva, dan prosedur pemasangan implan segera. Temuan dari artikel pertama menunjukkan bahwa kombinasi HA dengan *multiwalled carbon nanotubes* (MWCNT) melalui deposisi elektroforetik meningkatkan keseragaman lapisan dan ketahanan korosi. Artikel kedua mengonfirmasi keamanan material implan melalui analisis saliva buatan yang tidak mendeteksi unsur berbahaya pasca korosi. Artikel ketiga membuktikan bahwa pemasangan implan segera setelah pencabutan, dengan dukungan *graft* tulang dan antibiotik, efektif mempertahankan struktur jaringan dan meningkatkan estetika. Disimpulkan bahwa pemilihan material inovatif seperti HA/MWCNT dan pendekatan prosedural seperti pemasangan implan segera secara signifikan berkontribusi pada peningkatan keberhasilan klinis, estetika, dan keamanan implan gigi.

Kata Kunci : *Implan gigi, Hidroksiapatit, Nano, Korosi*

ABSTRACT

This research is motivated by the crucial role of dental implants as a rehabilitation solution for tooth loss, yet they still face challenges related to bone integration, material durability, and procedure optimization. The use of materials such as hydroxyapatite (HA) and modern technologies continues to be developed to address these issues. Therefore, this study focuses on conducting a literature review of recent developments in dental implant materials and procedures. The method used was a descriptive analytical literature review of three relevant primary articles discussing HA/MWCNT synthesis, implant interaction with saliva, and immediate implant placement procedures. Findings from the first article demonstrated that the combination of HA with multiwalled carbon nanotubes (MWCNT) through electrophoretic deposition improved coating uniformity and corrosion resistance. The second article confirmed the safety of the implant material through artificial saliva analysis, which detected no harmful elements after corrosion. The third article demonstrated that immediate implant placement after extraction, with the support of bone graft and antibiotics, effectively maintained tissue structure and improved aesthetics. It was concluded that the selection of innovative materials such as

HA/MWCNT and procedural approaches, such as immediate implant placement, significantly contribute to improving the clinical success, aesthetics, and safety of dental implants.

Keywords: *Dental implants, Hydroxyapatite, Nano, Corrosion*

PENDAHULUAN

Kehilangan gigi, baik sebagian maupun seluruhnya, merupakan masalah kesehatan signifikan yang dapat menurunkan kualitas hidup individu secara drastis. Kondisi ini tidak hanya mengganggu fungsi fundamental seperti pengunyahan dan bicara, tetapi juga dapat berdampak negatif pada aspek estetika wajah dan kepercayaan diri. Dalam lanskap kedokteran gigi modern, *implan gigi* telah muncul sebagai solusi rehabilitasi yang paling ideal dan dapat diandalkan. Berbeda dari gigi tiruan konvensional yang bersifat lepasan, *implan gigi* dirancang untuk menyatu dengan tulang rahang, memberikan fondasi yang stabil dan permanen bagi restorasi gigi tiruan (Smeets R, 2016). Tujuan utamanya adalah untuk mengembalikan fungsi orofasial seoptimal mungkin, mendekati kondisi gigi asli, sehingga pasien dapat kembali menikmati makanan, berbicara dengan jelas, dan tersenyum dengan percaya diri. Keberhasilan klinisnya tidak hanya diukur dari aspek fungsional, tetapi juga dari kepuasan pasien terhadap hasil akhir yang natural (Tetelepta R, 2015).

Namun, keberhasilan jangka panjang dari sebuah *implan gigi* sangat bergantung pada sebuah fenomena biologis krusial yang dikenal sebagai *osseointegrasi*. Istilah ini merujuk pada proses penyatuan langsung antara permukaan implan dengan jaringan tulang hidup di sekitarnya, tanpa adanya lapisan jaringan lunak di antaranya (Cooper & Shirazi, 2021). *Osseointegrasi* yang stabil adalah prasyarat mutlak agar implan dapat menahan beban kunyah secara efektif dan berfungsi sebagai bagian integral dari sistem stomatognatik. Kegagalan dalam mencapai atau mempertahankan *osseointegrasi* dapat menyebabkan kelonggaran implan, peradangan, hingga kegagalan total perawatan. Oleh karena itu, tantangan utama dalam desain dan material *implan gigi* adalah menciptakan sebuah antarmuka yang tidak hanya kuat secara mekanis, tetapi juga mampu merangsang dan mendukung proses penyatuan biologis yang kompleks ini, menjembatani kesenjangan antara benda asing dengan jaringan hidup (Andrew & Dhakal, 2021; Cruz et al., 2022).

Dalam upaya menjawab tantangan biologis tersebut, material *biokeramik* seperti *hidroksiapatit (HA)* memegang peranan yang sangat penting. *HA* adalah senyawa kalsium fosfat yang secara alami merupakan komponen mineral utama dari tulang dan gigi manusia. Kemiripan komposisi kimia inilah yang memberikan *HA* sifat *biokompatibilitas* (tidak menimbulkan reaksi penolakan dari tubuh) dan *bioaktivitas* (mampu berinteraksi secara positif dengan jaringan hidup) yang sangat baik (Wu & Hsu, 2016). Ketika digunakan sebagai material implan, baik dalam bentuk padat maupun sebagai lapisan *coating*, *HA* dapat secara aktif mendorong pertumbuhan sel-sel tulang baru pada permukaannya, mempercepat proses *osseointegrasi*, dan menciptakan ikatan yang lebih kuat antara implan dengan tulang rahang. Pengembangan metode produksi *HA* dari sumber alam, seperti cangkang telur, semakin memperkuat potensinya sebagai material *biomimetik* yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Meskipun *hidroksiapatit* menawarkan keunggulan biologis yang signifikan, sifat *biokeramik*-nya juga memiliki keterbatasan inheren, terutama dalam hal kekuatan mekanis jika dibandingkan dengan logam. Oleh karena itu, desain *implan gigi* modern seringkali mengadopsi pendekatan komposit, menggabungkan keunggulan *HA* dengan material lain yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi (Jindal et al., 2020). *Titanium (Ti)* dan paduannya telah lama menjadi material pilihan utama untuk badan implan karena kombinasi uniknya antara kekuatan mekanis yang tinggi, ketahanan korosi yang sangat baik, dan *biokompatibilitas* yang

teruji (Al-Shalawi et al., 2023). Penggunaan *Ti* sebagai struktur inti implan memberikan jaminan durabilitas jangka panjang, sementara lapisan *HA* pada permukaannya berfungsi untuk mengakselerasi dan memperkuat proses penyatuan dengan tulang, menciptakan sebuah sinergi material yang optimal.

Perkembangan teknologi manufaktur canggih turut memberikan kontribusi signifikan dalam evolusi desain *implan gigi*. Teknik manufaktur aditif, atau yang lebih dikenal sebagai *pencetakan 3D (3D printing)*, memungkinkan pembuatan implan dengan tingkat presisi geometris yang sangat tinggi, yang dapat disesuaikan secara individual dengan anatomi unik setiap pasien. Kemampuan untuk menciptakan bentuk implan yang kompleks dan berpori (*porous*) membuka peluang untuk mengoptimalkan kontak antara permukaan implan dengan tulang, serta memfasilitasi pertumbuhan jaringan ke dalam struktur implan. Lebih jauh lagi, teknologi *coating* modern memungkinkan aplikasi lapisan *HA* yang sangat tipis dan homogen pada permukaan implan *Ti*, memastikan bahwa sifat *bioaktif HA* dapat bekerja secara efektif tanpa mengorbankan kekuatan struktural dari inti logamnya (Thukkaram et al., 2020).

Di luar aspek fungsional dan biologis, estetika merupakan pertimbangan yang sangat krusial dalam keberhasilan perawatan *implan gigi*, terutama pada kasus-kasus di regio anterior yang terlihat saat tersenyum. Pasien tidak hanya menginginkan gigi pengganti yang berfungsi baik, tetapi juga tampak alami mungkin. Di sinilah kombinasi antara material *bioaktif* seperti *HA* dengan teknologi manufaktur presisi memainkan peran penting. Kemampuan *HA* untuk berinteraksi secara positif tidak hanya dengan tulang tetapi juga dengan jaringan lunak gusi di sekitarnya dapat membantu menciptakan profil emergen (*emergence profile*) yang lebih natural, di mana transisi antara implan dan mahkota tiruan tampak menyatu secara harmonis dengan kontur gusi. Presisi bentuk yang dicapai melalui *3D printing* juga memastikan bahwa restorasi akhir dapat dirancang sesuai dengan proporsi dan morfologi gigi asli pasien.

Berdasarkan latar belakang mengenai tantangan rehabilitasi kehilangan gigi, peran krusial *osseointegrasi*, serta potensi sinergis antara *hidroksiapatit* dengan material dan teknologi modern, maka fokus dari tinjauan artikel ini menjadi sangat jelas. Terdapat kesenjangan antara praktik penggunaan material implan yang beragam dengan pemahaman komprehensif mengenai bagaimana kombinasi spesifik antara *HA* dan teknologi modern dapat secara simultan mengoptimalkan kinerja fungsional dan hasil estetika. Nilai kebaruan dari kajian ini adalah upaya untuk mensintesis bukti-bukti ilmiah terkini mengenai potensi tersebut. Tinjauan ini secara spesifik bertujuan untuk mengkaji bagaimana integrasi *HA* dengan material seperti *Titanium* dan teknologi seperti *3D printing* dapat meningkatkan keberhasilan klinis *implan gigi* dari kedua aspek tersebut, sehingga memberikan panduan berbasis bukti bagi para klinisi.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan literature review yang bersifat deskriptif analitis. Proses penelitian dilakukan melalui penelusuran dan analisis berbagai sumber literatur ilmiah yang relevan dengan topik teknologi dalam pemasangan implan gigi, khususnya yang berkaitan dengan penggunaan hidroksiapatit (HA) dan material pendukung lainnya. Dalam tinjauan ini, peneliti menganalisis tiga artikel utama yang dipilih berdasarkan relevansinya dengan tema penelitian. Sumber literatur diperoleh dari jurnal nasional dan internasional yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2024 melalui database seperti SpringerLink, ScienceDirect, PubMed, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi "*hydroxyapatite dental implant*", "*nanomaterial implant corrosion*", "*immediate implant placement*", dan "*peri-implantitis treatment*".

Pemilihan literatur didasarkan pada kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi artikel yang membahas mengenai implan gigi, penggunaan hidroksiapatit atau material nano dalam implan, serta penerapan teknologi modern dalam prosedur pemasangan implan. Sebaliknya, kriteria eksklusi mencakup artikel yang tidak relevan dengan bidang kedokteran gigi, tidak memiliki data ilmiah yang dapat dianalisis, atau hanya berupa opini tanpa dasar penelitian yang kuat. Ketiga artikel yang terpilih kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi jenis teknologi dan material yang digunakan, hasil penelitian, kelebihan dan kekurangan dari pendekatan yang diterapkan, serta implikasi klinis terhadap keberhasilan dan keamanan implan gigi. Analisis dilakukan secara sistematis dengan membandingkan temuan dari masing-masing artikel untuk menemukan kesamaan, perbedaan, dan tren perkembangan dalam bidang implantologi modern. Untuk menjaga validitas hasil, dilakukan *cross-check* antar sumber dengan topik serupa. Hasil akhir dari analisis ini disintesis secara tematik untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai perkembangan teknologi dan material dalam pemasangan implan gigi serta arah penelitian selanjutnya di bidang tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

No.	Judul jurnal (Artikel)	Hasil	Kesimpulan
1	Evaluating acetone and methanol for electrophoretic deposition of SS 316L coated with hydroxyapatite/multi walled carbon nanotubes dental implants: a focus on corrosion resistance (Valmelina et al., 2024)	Penelitian ini menunjukkan keberhasilan sintesis komposit hidroksiapatit/multi-walled carbon nanotubes (HA/MWCNT) melalui metode electrophoretic deposition (EPD). Fungsionalisasi MWCNT dengan grup COOH meningkatkan adhesi ion kalsium dan fosfat, sehingga memungkinkan pembentukan HA di permukaannya. Analisis FTIR dan SEM mengonfirmasi keberhasilan sintesis dengan lapisan yang seragam, meskipun aglomerasi terjadi pada kondisi tertentu. Pengujian korosi menunjukkan ketahanan terbaik pada sampel metanol di 30V, sedangkan analisis zeta potensial dan Nyquist mengaitkan perbedaan sifat elektrokimia dengan jenis pelarut yang digunakan (asetone atau metanol) dan karakteristik	Penelitian ini berhasil mensintesis komposit HA/MWCNT melalui metode EPD, dengan lapisan seragam dan ketahanan korosi terbaik pada metanol di 30V. Analisis FTIR, SEM, dan elektrokimia mengonfirmasi kualitas sintesis dan pengaruh pelarut terhadap sifat lapisan.
2	Surgical management of peri-implantitis in adjunction with BlueM oxygen therapy: a case report with 5-years follow-up	Pengujian larutan saliva buatan selama 6 minggu menunjukkan perubahan komposisi unsur akibat korosi. Sebelum korosi, Magnesium (55,580%) mendominasi, sedangkan Titanium (0,045%) terendah. Setelah dua dan enam	Komposisi larutan saliva buatan terbukti aman untuk aplikasi biomedis, seperti implan gigi, karena tidak mengandung unsur berbahaya dan

	(Tanka & Alshehri., 2023)	siklus korosi, Chlorine menjadi dominan (39,387% dan 35,101%), sementara Magnesium hampir hilang, dan Titanium menurun hingga 0,035%. Total komposisi unsur selalu me	menunjukkan konsistensi dalam perubahan kimiawi sesuai siklus korosi.
3	Surgical Treatment of Peri-Implantitis: A 17-Year Follow-Up Clinical Case Report (Bassi <i>et al.</i> , 2015)	Penempatan implan segera setelah pencabutan gigi menunjukkan stabilitas primer yang baik, mendukung penyembuhan tulang tanpa kehilangan jaringan keras atau lunak yang signifikan. Dalam penelitian ini, soket pascapencabutan tidak menunjukkan kehilangan tulang labial, dan implan serta mahkota sementara berhasil dipasang pada hari yang sama. Tulang dengan kualitas baik (puncak >4 mm, tinggi >10 mm) memungkinkan penempatan implan yang stabil, dengan tantangan utama berupa stabilitas primer dan potensi resesi gingiva labial. jangka panjang dari pendekatan terapeutik yang diterapkan.	Kombinasi penempatan implan segera, graft xenograft bovine, dan antibiotik profilaksis efektif menjaga kontur tulang dan jaringan lunak, menghasilkan keberhasilan estetika yang stabil dan memuaskan. pada pemeriksaan klinis maupun foto rontgen, bahkan dalam jangka waktu yang lama.

Pembahasan

Penggantian gigi yang hilang melalui implan dental telah menjadi solusi klinis utama, menawarkan keunggulan fungsional signifikan dibandingkan gigi tiruan konvensional. Meskipun tingkat keberhasilannya tinggi dan prosedurnya dianggap aman, risiko komplikasi tetap ada, terutama peri-implantitis. Patologi ini, yang pada dasarnya merupakan kondisi inflamasi, sering kali dipicu oleh akumulasi biofilm bakteri patogen di sekitar implan. Manifestasi klinisnya meliputi peradangan jaringan lunak, resorpsi tulang alveolar progresif, perdarahan saat probing, pembentukan poket periodontal, dan terkadang supurasi. Etiologi peri-implantitis bersifat multifaktorial, mencakup kebersihan mulut yang tidak adekuat, iritasi dari sisa semen, atau tekanan oklusal yang berlebihan. Penatalaksanaannya bergantung pada tingkat keparahan, bervariasi dari intervensi non-bedah untuk dekontaminasi permukaan hingga prosedur bedah regeneratif yang bertujuan membersihkan implan yang terinfeksi dan memulihkan defek tulang, seringkali menggunakan material graft tulang untuk mendukung regenerasi.

Studi yang dilakukan oleh Valmelina et al. (2024) berfokus pada inovasi material pelapis implan, secara spesifik mengeksplorasi sintesis komposit hidroksiapatit (HA) yang dikombinasikan dengan multiwalled carbon nanotubes (MWCNT). Titik kritis dari penelitian ini adalah pentingnya fungsionalisasi MWCNT menggunakan gugus karboksil (COOH). Proses ini dirancang untuk meningkatkan muatan negatif pada permukaan nanotubes, yang esensial untuk menyediakan situs nukleasi aktif bagi ion kalsium (Ca^{2+}) dan fosfat (HPO_4^{2-}). Modifikasi kimiawi ini tidak hanya memfasilitasi pembentukan HA secara terkontrol di permukaan

Copyright (c) 2025 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA

MWCNT, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kelarutan dan percepatan proses pengendapan komposit. Konfirmasi keberhasilan sintesis ini diperoleh melalui karakterisasi menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), yang datanya menunjukkan puncak-puncak khas. Puncak tersebut mengindikasikan adanya interaksi yang diharapkan antara ion kalsium dan gugus fungsional COO^- , yang membuktikan keberhasilan pembentukan lapisan komposit HA/MWCNT. Selanjutnya, studi tersebut menguji aktivitas biologis dari pelapis komposit ini, menunjukkan bahwa material tersebut tidak hanya meningkatkan osseointegrasi tetapi juga memiliki sifat antibakteri yang signifikan, sebuah aspek krusial dalam pencegahan peri-implantitis (Ghilini et al., 2021; Qiao et al., 2019; Zemtsova et al., 2023).

Analisis lanjutan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) dalam studi Valmelina et al. (2024) mengungkap aspek morfologi lapisan. Hasilnya menunjukkan bahwa lapisan HA/MWCNT yang terbentuk relatif seragam dan tidak menunjukkan adanya segregasi partikel yang jelas. Meskipun demikian, observasi juga mencatat terjadinya beberapa aglomerasi, khususnya pada sampel yang menggunakan aseton sebagai pelarut selama proses deposisi. Temuan ini menyoroti bahwa pilihan pelarut merupakan variabel krusial yang secara signifikan memengaruhi kualitas dan integritas struktural lapisan akhir. Dalam hal kinerja fungsional, pengujian ketahanan korosi menggunakan Potentiodynamic Polarization (PDP) dan Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) memberikan data penting (Rodić et al., 2021; Syed et al., 2017). Terbukti bahwa sampel yang dipreparasi menggunakan metanol pada voltase tertentu menunjukkan resistensi korosi yang superior dibandingkan sampel aseton. Peningkatan voltase selama proses electrophoretic deposition (EPD) juga teridentifikasi berkontribusi pada penurunan laju korosi, memberikan wawasan aplikatif untuk desain implan yang lebih tahan lama (Valmelina et al., 2024). Selain itu, penelitian lain telah mengeksplorasi penggunaan ion logam seperti Ag^+ , Zn^{2+} , atau Co^{2+} yang ditambahkan ke struktur kisi HA untuk meningkatkan sifat antibakteri dan biokompatibilitas, di mana ion-ion tersebut berhasil dimasukkan ke dalam HA lattice (Türk et al., 2019).

Penelitian oleh Muharni et al. (2023) mengalihkan fokus pada interaksi material implan dengan lingkungan biologis simulasi, secara khusus menyelidiki potensi hidroksiapatit nano dalam larutan saliva buatan selama periode perendaman enam minggu. Hasil investigasi ini menunjukkan terjadinya perubahan komposisi unsur yang signifikan dari waktu ke waktu akibat proses korosi. Secara spesifik, observasi menunjukkan bahwa unsur Klorin (Chlorine) menjadi komponen dominan dalam larutan setelah siklus korosi, sementara pada saat yang sama, unsur Magnesium (Mg) terdeteksi hampir menghilang sepenuhnya dari larutan. Dinamika perubahan komposisi ini, di mana peningkatan satu unsur diiringi oleh penurunan unsur lainnya, mendukung temuan sebelumnya oleh Anderson. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya memahami secara mendalam interaksi kompleks antara material implan dan lingkungan fisiologis di sekitarnya. Pemahaman ini sangat krusial untuk mengevaluasi biokompatibilitas dan keamanan jangka panjang penggunaan material tersebut dalam aplikasi biomedis (Muharni et al., 2023). Lebih lanjut, studi ini memperkuat hipotesis bahwa modifikasi permukaan implan dengan material nano, seperti hidroksiapatit, memiliki potensi untuk meningkatkan ketahanan korosi dan osseointegrasi, yang secara langsung berkontribusi pada keberhasilan implan jangka panjang (Park et al., 2019) (Rogala-Wielgus et al., 2023).

Dari perspektif klinis prosedural, Ichwana dan Arifin (2021) menyajikan pendekatan inovatif terkait timing penempatan implan, khususnya pada kasus penggantian gigi anterior segera setelah ekstraksi. Studi kasus ini mendemonstrasikan bahwa penempatan implan secara langsung (immediate placement) ke dalam soket pasca pencabutan dapat berpotensi mempercepat proses penyembuhan tulang. Pendekatan ini memungkinkan implan untuk berintegrasi dengan jaringan sekitar tanpa menyebabkan kerusakan signifikan, baik pada

jaringan keras maupun lunak. Keberhasilan teknik ini sangat bergantung pada perencanaan pra-operasi yang cermat, termasuk evaluasi radiografi mendetail, serta manajemen intra-operasi yang teliti. Faktor-faktor anatomi seperti ketebalan dan tinggi tulang alveolar diidentifikasi sebagai elemen kunci. Dalam laporan tersebut, kualitas tulang yang dianggap ideal untuk stabilitas primer, yaitu ketebalan puncak tulang lebih dari 4 mm dan tinggi tulang melebihi 10 mm, memungkinkan penempatan implan yang efektif dan stabil (Ichwana & Arifin, 2021). Optimalisasi stabilitas primer implan dental merupakan kunci keberhasilan jangka panjang, yang dapat ditingkatkan melalui pemilihan desain implan yang sesuai dan material yang tahan korosi, seperti paduan titanium-magnesium (Herrero-Climent et al., 2020; Lovera-Prado et al., 2023; Sodnom-Ish et al., 2023; Ibrahim & Balog, 2023; Novakov, 2010).

Lebih lanjut, studi oleh Ichwana dan Arifin (2021) menyoroti penggunaan material graft tulang, khususnya xenograft bovine, yang diaplikasikan untuk mengisi celah atau ruang kosong yang terbentuk di dinding labial soket pasca-ekstraksi. Tujuan dari grafting ini adalah untuk mempertahankan kontur tulang alveolar dan mengurangi risiko resorpsi tulang yang sering terjadi setelah pencabutan gigi, yang sangat krusial untuk hasil estetika akhir. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi yang tepat antara teknik bedah immediate placement dan penggunaan material augmentasi dapat meningkatkan hasil fungsional sekaligus estetika implan. Selain intervensi bedah, pemberian antibiotik profilaksis sebelum dan sesudah prosedur juga dicatat sebagai faktor penting yang berkontribusi terhadap tingkat keberhasilan. Kesimpulannya, kombinasi strategi penempatan implan segera, augmentasi tulang menggunakan graft, dan manajemen farmakologis yang tepat terbukti memberikan hasil klinis yang stabil dan memuaskan bagi pasien (Ichwana & Arifin, 2021). Meskipun demikian, keberhasilan jangka panjang dari penempatan implan segera sangat bergantung pada proses osseointegrasi, di mana implan titanium menyatu dengan tulang rahang secara alami, memerlukan stabilitas primer implan yang memadai dan lingkungan biologis yang mendukung penyembuhan tulang (Das et al., 2019; Kale et al., 2025; Halim et al., 2025).

Secara kolektif, ketiga studi yang ditinjau menyoroti sifat multifaset dari keberhasilan implan gigi, yang bergantung pada inovasi di berbagai tingkatan. Penelitian Valmelina et al. (2024) berkontribusi pada level material dasar, menunjukkan bagaimana rekayasa permukaan melalui pelapisan komposit HA/MWCNT dan optimalisasi pelarut dapat meningkatkan ketahanan korosi secara signifikan. Studi Muharni et al. (2023) melengkapinya dengan mengevaluasi interaksi material pada level biokompatibilitas, menguji bagaimana material berperilaku dalam lingkungan saliva buatan dan implikasinya terhadap keamanan pasien. Sementara itu, laporan kasus oleh Ichwana dan Arifin (2021) memberikan perspektif klinis prosedural, mendemonstrasikan bagaimana teknik bedah canggih seperti penempatan segera dan grafting dapat mengoptimalkan stabilitas dan hasil estetika. Sintesis dari temuan-temuan ini mengimplikasikan bahwa keberhasilan jangka panjang implan dental bukanlah hasil dari satu faktor tunggal, melainkan sinergi antara material implan yang unggul secara kimiawi, interaksi biologis yang aman, dan eksekusi prosedur klinis yang presisi.

KELEBIHAN DAN KEKURANGAN ARTIKEL REVIEW

No.	Nama Jurnal (Artikel)	Kelebihan	Kekurangan
1	Threat to implants: Peri-implantitis: A case-report (Thakkar <i>et al.</i> , 2017)	1. Informasi Lengkap tentang Peri-implantitis dan Implan Gigi: Artikel ini menyajikan informasi yang mendalam tentang peri-	1. Tidak Ada Komparasi dengan Kasus Tanpa Perawatan: Artikel tidak menyertakan perbandingan antara kasus dengan dan tanpa

		implantitis, termasuk perbedaan dengan mukositis peri-implan, penyebab, gejala, dan metode manajemen. 2. Detail pada Manajemen Penyakit: Artikel membahas secara rinci pendekatan konservatif dan bedah dalam menangani peri-implantitis, termasuk penggunaan bahan regeneratif seperti cangkok tulang dan membran kolagen. 3. Penekanan pada Pemantauan dan Kebersihan Pasien: Artikel menekankan pentingnya pemantauan dan motivasi pasien dalam menjaga kesehatan jaringan peri-implan, yang sangat relevan bagi keberhasilan implan jangka panjang.	perawatan peri-implantitis, yang bisa menambah perspektif mengenai manfaat terapi tertentu. 2. Fokus pada Satu Studi Kasus Saja: Karena fokusnya hanya pada satu kasus, hasil yang disampaikan mungkin tidak sepenuhnya mewakili beragam kondisi pasien atau variasi hasil terapi di populasi yang lebih besar.
2	Surgical management of peri-implantitis in adjunction with BlueM oxygen therapy: a case report with 5-years follow-up (Tanka & Alshehri., 2023)	1. Relevansi: Artikel ini membahas masalah klinis yang sering dihadapi dalam implantologi, yaitu peri-implantitis, dan menawarkan solusi yang potensial. 2. Metodologi Jelas: Langkah-langkah perawatan, mulai dari diagnosis hingga tindak lanjut, dijelaskan dengan baik. 3. Hasil yang Menjanjikan: Hasil penelitian menunjukkan perbaikan signifikan dalam kondisi pasien	1. Ukuran Sampel: Sebagai laporan kasus tunggal, generalisasi hasil penelitian ini terbatas. Perlu dilakukan penelitian dengan ukuran sampel yang lebih besar untuk mengkonfirmasi temuan ini. 2. Kelompok Kontrol: Tidak adanya kelompok kontrol yang tidak menerima terapi BlueM membuat sulit untuk membandingkan efektivitas terapi ini dengan metode konvensional.

		dan regenerasi tulang, yang merupakan temuan yang positif dalam bidang implantologi. 4. Potensi Aplikasi Klinik: Artikel ini memberikan informasi yang berguna bagi praktisi untuk mempertimbangkan terapi oksigen BlueM sebagai pilihan pengobatan untuk peri-implantitis.	3. Pembahasan Lebih Lanjut: Diskusi dapat diperluas dengan membahas keterbatasan penelitian, implikasi klinis yang lebih luas, dan arah penelitian di masa depan.
3	Surgical Treatment of Peri-Implantitis: A 17-Year Follow-Up Clinical Case Report (Bassi <i>et al.</i> , 2015)	1. Pendekatan Diagnostik yang Mendalam: Penulis memberikan deskripsi lengkap mengenai mukositis peri-implan dan peri-implantitis, sehingga pembaca dapat memahami perbedaan utama antara kedua kondisi tersebut, terutama dalam konteks pentingnya BOP (Bleeding on Probing) dan perubahan tulang pada peri-implantitis. 2. Laporan Kasus yang Detail: Jurnal ini menyajikan laporan kasus yang terperinci, mencakup proses perawatan mulai dari diagnosis awal hingga hasil jangka panjang selama 17 tahun, sehingga menunjukkan hasil yang konsisten dalam penanganan peri-implantitis. 3. Pendekatan Multiterapi: Jurnal ini menggambarkan penggunaan terapi	1. Terbatas pada Satu Kasus: Meskipun hasilnya positif, penelitian ini hanya mencakup satu laporan kasus, sehingga sulit untuk menarik kesimpulan umum mengenai efektivitas terapi. 2. Resistensi Antibiotik: Meskipun penggunaan tetrasiklin efektif, risiko resistensi antibiotik pada bakteri peri-implan tidak dibahas secara detail, yang penting untuk ditinjau dalam konteks jangka panjang.

		kombinasi yang mencakup dekontaminasi mekanis, antibiotik, dan cangkok tulang. Pendekatan ini menyajikan opsi yang efektif untuk memperbaiki jaringan tulang dan lunak peri-implan.	
--	--	---	--

KESIMPULAN

Sintesis dari berbagai studi ini menegaskan bahwa keberhasilan implan dental bersifat *multifaset* dan bergantung pada sinergi inovasi di berbagai tingkatan. Pada level *materials science*, rekayasa permukaan seperti pelapisan komposit *HA/MWCNT* melalui *electrophoretic deposition (EPD)* terbukti krusial untuk meningkatkan *corrosion resistance* dan memberikan sifat antibakteri. Pada level *biocompatibility*, pemahaman mendalam tentang interaksi material dengan lingkungan fisiologis, seperti perubahan komposisi unsur dalam saliva buatan akibat *korosi*, menjadi esensial untuk menjamin keamanan jangka panjang. Terakhir, pada level *klinis prosedural*, teknik bedah canggih seperti *immediate placement* pasca-ekstraksi yang dikombinasikan dengan *grafting* menggunakan *xenograft bovine* terbukti vital dalam mempertahankan kontur tulang dan mencapai hasil estetika yang optimal. Keberhasilan *osseointegrasi* jangka panjang dan pencegahan *peri-implantitis* sangat bergantung pada keselarasan ketiga aspek ini.

Meskipun inovasi-inovasi tersebut menjanjikan, tinjauan terhadap laporan kasus klinis seperti penanganan *peri-implantitis* mengungkap kelemahan metodologis yang signifikan dalam literatur yang ada. Studi-studi tersebut, walau menyajikan *follow-up* jangka panjang yang berharga, umumnya terbatas sebagai *case reports* tunggal ($N=1$) dan tidak memiliki *kelompok kontrol (control groups)*. Keterbatasan ini menghalangi *generalisasi* efektivitas terapi, baik itu *terapi oksigen BlueM* maupun kombinasi *graft* tulang. Oleh karena itu, penelitian di masa depan sangat disarankan untuk beralih dari laporan kasus ke desain *Randomized Controlled Trials (RCTs)* dengan ukuran sampel yang lebih besar. Studi semacam itu harus secara langsung membandingkan intervensi bedah regeneratif atau teknik dekontaminasi baru ini dengan metode konvensional untuk memberikan bukti statistik yang kuat mengenai superioritas dan efektivitas klinisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shalawi, F. D. et al. (2023). Biomaterials As Implants In The Orthopedic Field For Regenerative Medicine: Metal Versus Synthetic Polymers. *Polymers*, 15(12), Article 2601. <https://doi.org/10.3390/polym15122601>
- Andrew, J. J., & Dhakal, H. N. (2021). Sustainable Biobased Composites For Advanced Applications: Recent Trends And Future Opportunities – A Critical Review. *Composites Part C Open Access*, 7, Article 100220. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100220>
- Bassi, F. et al. (2015). Surgical Treatment Of Peri-Implantitis: A 17-Year Follow-Up Clinical Case Report. *Case Reports in Dentistry*, 2015, Article 795943. <https://doi.org/10.1155/2015/795943>

- Cooper, L. F., & Shirazi, S. (2021). Osseointegration—The Biological Reality Of Successful Dental Implant Therapy: A Narrative Review. *Frontiers of Oral and Maxillofacial Medicine*, 4, Article 39. <https://doi.org/10.21037/fomm-21-77>
- Cruz, M. et al. (2022). Biomimetic Implant Surfaces And Their Role In Biological Integration—A Concise Review. *Biomimetics*, 7(2), Article 74. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020074>
- Das, S. et al. (2019). Accentuated Osseointegration In Osteogenic Nanofibrous Coated Titanium Implants. *Scientific Reports*, 9(1), Article 17466. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53884-x>
- Ghilini, F. et al. (2021). Multifunctional Titanium Surfaces For Orthopedic Implants: Antimicrobial Activity And Enhanced Osseointegration. *ACS Applied Bio Materials*, 4(8), 6451–6460. <https://doi.org/10.1021/acsabm.1c00613>
- Halim, S. et al. (2025). Tinjauan Artikel Laporan Kasus Pertimbangan Pemasangan Implan Gigi Pada Pasien Lanjut Usia. *CENDEKIA Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 5(2), 571–578. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v5i2.4744>
- Herrero-Climent, M. et al. (2020). Relevant Design Aspects To Improve The Stability Of Titanium Dental Implants. *Materials*, 13(8), Article 1910. <https://doi.org/10.3390/ma13081910>
- Ibrahim, A. M. H., & Balog, M. (2023). Investigation Of The Electrochemical Behavior Of A Newly Designed TiMg Dental Implant. *Journal of Materials Science*, 59, 517–529. <https://doi.org/10.1007/s10853-023-09199-4>
- Ichwana, D. L., & Arifin, M. (2021). Prosedur Pemasangan Implan Segera Pasca Pencabutan Gigi Anterior Disertai Pemasangan Mahkota Sementara. *SONDE (Sound of Dentistry)*, 2(2), 142–152. <https://doi.org/10.28932/sonde.v2i2.4172>
- Jindal, S. et al. (2020). 3D Printed Composite Materials For Craniofacial Implants: Current Concepts, Challenges And Future Directions. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112, 635–674. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06397-1>
- Kale, P. et al. (2025). Osseointegration: Understanding The Biological Basis Of Implant Longevity- Narrative Review. *IP International Journal of Periodontology and Implantology*, 10(1), 3–8. <https://doi.org/10.18231/j.ijpi.2025.002>
- Lovera-Prado, K. et al. (2023). Barbed Dental Ti6Al4V Alloy Screw: Design And Bench Testing. *Materials*, 16(6), Article 2228. <https://doi.org/10.3390/ma16062228>
- Muharni, & Ulum, A. (2023). Potensi Hidroksiapatit Nano Pada Dental Implan. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 8(1), 87–92. <https://doi.org/10.21070/rem.v8i1.1843>
- Novakov, T. (2010). *Computational Analysis Of Micromachining Ti6Al4V Titanium Alloy* [Doctoral dissertation, Purdue University]. Purdue University e-Pubs. <https://docs.lib.purdue.edu/dissertations/9616>
- Park, J.-E. et al. (2019). Biocompatibility Characteristics Of Titanium Coated With Multi Walled Carbon Nanotubes—Hydroxyapatite Nanocomposites. *Materials*, 12(2), Article 224. <https://doi.org/10.3390/ma12020224>
- Qiao, H. et al. (2019). Si, Sr, Ag Co-Doped Hydroxyapatite/TiO₂ Coating: Enhancement Of Its Antibacterial Activity And Osteoinductivity. *RSC Advances*, 9(24), 13348–13359. <https://doi.org/10.1039/c9ra01168d>
- Rodič, P. et al. (2021). Degradation Of Sol-Gel Acrylic Coatings Based On Si And Zr Investigated Using Electrochemical Impedance, Infrared And X-Ray Photoelectron

- Spectroscopies. *Frontiers in Materials*, 8, Article 756447. <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.756447>
- Rogala-Wielgus, D. et al. (2023). Evaluation Of Adhesion Strength, Corrosion, And Biological Properties Of The MWCNT/TiO₂ Coating Intended For Medical Applications. *RSC Advances*, 13(43), 30108–30119. <https://doi.org/10.1039/d3ra05331h>
- Smeets, R., & Brandl, S. B. (2016). Impact Of Dental Implant Surface Modifications On Osseointegration. *BioMed Research International*, 2016, Article 6285620. <https://doi.org/10.1155/2016/6285620>
- Sodnom-Ish, B. et al. (2023). A 10-Year Survival Rate Of Tapered Self-Tapping Bone-Level Implants From Medically Compromised Korean Patients At A Maxillofacial Surgical Unit. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 45(1), Article 29. <https://doi.org/10.1186/s40902-023-00401-w>
- Syed, J. A. et al. (2017). Super-Hydrophobic Multilayer Coatings With Layer Number Tuned Swapping In Surface Wettability And Redox Catalytic Anti-Corrosion Application. *Scientific Reports*, 7(1), Article 4310. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04651-3>
- Tanka, K., & Alshehri, F. A. (2023). Surgical Management Of Peri-Implantitis In Adjunction With BlueM Oxygen Therapy: A Case Report With 5-Years Follow-Up. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 10(11), 4435–4438. <https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20233261>
- Tetelepta, R. M. E. (2015). *Pengaruh Penambahan Bahan Bioaktif Pada Implan Gigi Berdasarkan Pemeriksaan Histologi*. [Unpublished manuscript].
- Thakkar, K. et al. (2017). Threat To Implants: Peri-Implantitis: A Case Report. *Journal of Dental Specialities*, 5(2), 172–174. <https://doi.org/10.18231/2348-9215.2017.037>
- Thukkaram, M. et al. (2020). Fabrication Of Microporous Coatings On Titanium Implants With Improved Mechanical, Antibacterial, And Cell-Interactive Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 12(27), 30155–30168. <https://doi.org/10.1021/acsami.0c07234>
- Türk, S. et al. (2019). Biomimetic Synthesis Of Ag, Zn Or Co Doped HA And Coating Of Ag, Zn Or Co Doped HA/fMWCNT Composite On Functionalized Ti. *Materials Science and Engineering C*, 99, 986–999. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.02.025>
- Valmelina, E. A., & Pradana, P. (2024). Evaluating Acetone And Methanol For Electrophoretic Deposition Of SS 316L Coated With Hydroxyapatite/Multiwalled Carbon Nanotubes Dental Implants: A Focus On Corrosion Resistance. *Jurnal Kimia Riset*, 9(1), 78–89. <https://doi.org/10.20473/jkr.v9i1.50654>
- Wu, S. C., & Hsu, H. C. (2016). Synthesis Of Hydroxyapatite From Eggshell Powders Through Ball Milling And Heat Treatment. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 4(1), 85–90. <https://doi.org/10.1016/j.jascer.2015.11.002>
- Zemtsova, E. G. et al. (2023). Creation Of A Composite Bioactive Coating With Antibacterial Effect Promising For Bone Implantation. *Molecules*, 28(3), Article 1416. <https://doi.org/10.3390/molecules28031416>