



POTENSI BONE GRAFT DARI CANGKANG TELUR AYAM TERHADAP PEMBENTUKKAN TULANG PASCA EKSTRAKSI GIGI

THE POTENTIAL OF EGGSHELLS-DERIVED BONE GRAFT ON BONE FORMATION AFTER TOOTH EXTRACTION

Rahma Yunita¹, Phey Liana², Desi Oktariana³

¹ Program Studi Magister Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

^{2,3} Bagian Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia
(Email korespondensi : yunitarahmaromli@gmail.com)

ABSTRAK

Latar Belakang: Ekstraksi gigi atau pencabutan gigi merupakan salah satu prosedur bedah minor pada kedokteran gigi yang dilakukan untuk mengeluarkan gigi dari soketnya dan berpotensi menyebabkan perlukaan pada jaringan. Selama proses penyembuhan, volume tulang alveolar dapat berkurang hingga 40–60%, yang dapat berdampak signifikan pada pasien yang memerlukan terapi implan gigi. Pengurangan volume tulang alveolar dalam prosedur implan dapat diatasi dengan pemberian *bone graft*. Salah satu bahan *bone graft* yang paling banyak dikembangkan saat ini adalah hidroksiapatit (HA). Hidroksiapatit adalah komponen mineral utama dari tulang kortikal dan kanselus dewasa. Dikarenakan meningkatnya penggunaan HA sebagai bahan *bone graft* telah menyebabkan harganya menjadi mahal. Cangkang telur merupakan salah satu sumber alternatif HA yang banyak dikembangkan saat ini. **Metode:** Artikel dikumpulkan dengan mencari artikel penelitian eksperimental secara in vivo yang diterbitkan antara tahun 2014 dan Desember 2024. Artikel yang dikumpulkan diterbitkan dalam bahasa Inggris di database PubMed, ScienceDirect, dan Wiley menggunakan kata kunci “eggshells” yang dikombinasikan dengan istilah “bone graft” dan “bone formation”. **Kesimpulan:** Bone graft yang berasal dari cangkang telur dapat dimanfaatkan dalam perawatan pascaekstraksi gigi untuk kondisi infeksi dan non-infeksi.

Kata kunci: Bone graft, cangkang telur, pembentukan tulang

ABSTRACT

Background: Tooth extraction is a minor surgical procedure in dentistry that involves removing a tooth from its socket, potentially resulting tissue injury. During the healing process, the alveolar bone volume may decrease by 40–60%, which can have a significant impact on patients requiring dental implant therapy. The reduction of alveolar bone volume in implant procedures can be managed by applying bone grafts. One of the most widely developed bone graft materials today is hydroxyapatite (HA). Hydroxyapatite is the primary mineral component of mature cortical and cancellous bone. However, the increasing use of HA as a bone graft material has led to higher costs. Eggshells are one alternative source of HA that is currently being widely developed. **Method:** Articles were collected by searching experimental research articles in vivo published between 2014 and December 2024. The articles were collected and published in English on PubMed, ScienceDirect, and Wiley databases using the keyword “eggshells” in combination with the terms “bone graft” and “bone forming”. **Conclusion:** Eggshells-derived bone graft can be used in after tooth extraction treatment for both infectious and non-infection conditions.

Keywords: Bone graft, bone formation, eggshells



PENDAHULUAN

Ekstraksi gigi atau pencabutan gigi merupakan salah satu prosedur bedah minor pada kedokteran gigi yang dilakukan untuk mengeluarkan gigi dari soketnya dan mengakibatkan perlukaan pada jaringan.¹ Ekstraksi gigi dilakukan apabila gigi tidak dapat dipertahankan pada tulang alveolar yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti kegagalan perawatan endodontik, penyakit periodontal, karies yang luas, infeksi pada periapikal atau adanya kelainan pulpa.² Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2022, ekstraksi gigi di kota Palembang memiliki angka kejadian yang paling tinggi sebanyak 7.484 kasus, dibandingkan dengan kota dan kabupaten lainnya di Sumatera Selatan.³ Ekstraksi gigi dilakukan berdasarkan beberapa indikasi termasuk diantaranya karies gigi (36,0%-55,3%), penyakit periodontal (24,8%-38,1%), dental trauma (0,8%-4,4%), penyakit periapikal (7,3%-19,1%), kebutuhan orthodontik (2,5%-7,2%) dan keinginan pasien (3,6%-5,9%).⁴

Proses penyembuhan pasca-ekstraksi dapat dibagi menjadi tiga fase: fase inflamasi, fase proliferasi, dan fase *remodeling* tulang. Proses penyembuhan ini dimediasi oleh respons imun bawaan, yang mencakup komponen hormonal seperti sitokin pro-inflamasi dan protein komplemen, serta komponen seluler termasuk neutrofil dan makrofag.⁵⁻⁷ Penyembuhan pasca ekstraksi dapat mengakibatkan pengurangan volume tulang alveolar sekitar 40–60%, yang dapat berdampak pada pasien dengan indikasi perawatan implan gigi.⁸

Pengurangan volume tulang setelah ekstraksi gigi untuk pemasangan implan dapat diatasi dengan penggunaan *bone graft*. Penggunaan *bone graft* pada kedokteran gigi umumnya dilakukan, tidak hanya pada perawatan implan, tetapi juga diindikasikan pada prosedur bedah yang melibatkan ekstraksi beberapa gigi atau pengangkatan jaringan keras yang melebihi 1 cm³.⁹ *Xenograft* dianggap sebagai alternatif paling efektif terhadap *autograft* karena jarang mengalami penolakan oleh jaringan inang. Salah satu *xenograft* yang paling banyak dikembangkan saat ini adalah hidroksiapatit.¹⁰

Hidroksiapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ merupakan bahan *bone graft* sintesis yang telah banyak dikembangkan. Selain menjadi komponen tulang manusia, hidroksiapatit juga dapat diperoleh secara alami dari sumber-sumber seperti karang, kerang laut, cangkang kepiting, dan tulang ikan. Salah satu sumber hidroksiapatit yang paling banyak dikembangkan saat ini adalah cangkang telur ayam. Pemanfaatan telur ayam sebagai bahan baku industri pangan dan sumber protein untuk kebutuhan rumah tangga menjadi alasan melimpahnya ketersediaannya.¹⁰ Dikarenakan hal tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai cangkang telur ayam sebagai alternatif bahan *bone graft*.

METODE

Artikel ini merupakan tinjauan yang berasal dari pencarian secara elektronik. Pencarian dilakukan melalui tiga basis data (Pubmed, ScienceDirect, dan Wiley) untuk mengidentifikasi semua studi yang diterbitkan dari tahun 2014 hingga Desember 2024 menggunakan kata kunci berikut: "eggshells" dengan istilah berikut "bone graft", "bone forming". Penyaringan judul dan abstrak dilakukan secara independen oleh satu peninjau. Naskah lengkap makalah yang memenuhi syarat diperoleh dan ditinjau oleh peninjau yang sama. Kriteria inklusi dan eksklusi telah ditetapkan. Hanya artikel berbahasa Inggris yang dianggap memenuhi syarat. Kriteria inklusi adalah studi yang melaporkan penggunaan *bone graft* dari cangkang telur ayam, dengan desain penelitian yang diterima adalah kohort, *case control*, dan eksperimental *in vivo*. Kriteria eksklusi: penelitian yang tidak memenuhi kriteria inklusi, eksperimental *in vitro*, konferensi abstrak, laporan, dan surat. *Filter* digunakan untuk menyaring tahun dan bahasa artikel. Dari 22 artikel yang diambil pada pencarian awal, 9 artikel dimasukkan dalam tinjauan ini.

HASIL

Banyak penelitian telah dilakukan pada cangkang telur, termasuk penelitian *in vivo* pada hewan. Kavarthavu dkk. (2019) menunjukkan pembentukan tulang baru dan jaringan ikat lebih



banyak diamati pada kelompok perlakuan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Flap periosteal ketebalan penuh dibuat pada lima ekor tikus Wistar berukuran 1,5 x 6 mm. Pemeriksaan histologis juga tidak menemukan sel eosinofil pada jaringan, yang menunjukkan tidak adanya reaksi alergi akibat penggunaan bubuk cangkang telur.¹¹ Masihipour et al (2023) menunjukkan bahwa defek 5 mm pada tulang kalvaria menunjukkan pembentukan tulang pada kelompok hari ke 30 dan 60 yang diberikan campuran *demineralized bone matrix* (DBM) dan serbuk cangkang telur, diikuti oleh kelompok serbuk cangkang telur.¹² Penelitian studi in vivo yang dilakukan Kim dkk. (2021), defek berukuran 3 mm dibuat pada tulang kalvaria tikus dan kemudian ditutup dengan *patch* yang dilapisi *soluble eggshells membrane protein* (SEP). Setelah tiga minggu, analisis histologis menggunakan pewarnaan HE menunjukkan bukti pembentukan tulang di dalam ruang internal *patch* SEP.¹³ Kadhim dkk. (2022) menanamkan delapan puluh sekrup berukuran panjang 8 mm dan diameter 3 mm pada tulang tibia dua puluh ekor kelinci. Kelompok tersebut dibagi menjadi empat kelompok, satu kelompok kontrol dan tiga kelompok perlakuan. Penelitian ini menunjukkan perbedaan signifikan pada pembentukan tulang di sekitar implan yang dilapisi nano kalsium sulfat yang diberi bubuk cangkang telur dibandingkan dengan tiga kelompok lainnya ($p < 0,05$) dan tidak menunjukkan adanya radiolusen atau aktivitas abnormal dari tulang ke implan pada semua kelompok.¹⁴ Jayasree dkk. (2019) melakukan penelitian terhadap delapan belas tikus dengan defek kalvaria 4 mm. Temuan menunjukkan bahwa aplikasi semen brushite yang berasal dari cangkang telur menghasilkan peningkatan pembentukan matriks tulang dan penurunan respons inflamasi dibandingkan dengan kelompok kontrol.¹⁵ Penelitian Lee dkk. (2019) pada tikus dengan defek tulang kalvaria 8 mm, kepadatan mineral rata-rata *synthetic hydroxyapatite* (sHA) secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol pada 4 minggu pascaoperasi ($p = 0,012$). Selain itu, volume tulang rata-rata pada kelompok *eggshells-derived hydroxyapatite* (eHA) secara signifikan lebih besar daripada kelompok kontrol

pada 8 minggu pascaoperasi ($p = 0,012$). Analisis histologis pada 4 minggu pascaoperasi menunjukkan banyak adanya *multinucleated giant cells* di sekitar partikel sHA, sementara respon inflamasi yang lebih sedikit diamati di sekitar kelompok dengan eHA. Secara keseluruhan, kelompok eHA menunjukkan pembentukan tulang yang lebih unggul dibandingkan dengan kelompok sHA.¹⁶

Penggunaan cangkang telur sebagai bahan *bone graft* juga telah dilakukan pada subjek manusia, baik pada perawatan klinis infeksi maupun non-infeksi. Ganapathy dkk. (2024), pada studi mereka terhadap pasien periodontitis dengan defek dua dinding dan tiga dinding, menunjukkan regenerasi tulang pada kedua kelompok pada hari ke-30, 120, dan 150, berdasarkan penilaian tindak lanjut termasuk tingkat perlekatan klinis (CAL), kedalaman probing (PD), dan pencitraan CBCT. Kelompok dengan defek tiga dinding menunjukkan peningkatan kesehatan periodontal yang lebih besar, menunjukkan bahwa *eggshells-derived hydroxyapatite* (EnHA) efektif sebagai bahan *bone graft*.¹⁷ Kattimani dkk. (2014) melaporkan bahwa pasien yang menerima *bone graft* yang berasal dari cangkang telur setelah enukleasi kista menunjukkan perubahan progresif kepadatan tulang pada 1, 2, dan 3 bulan pascaoperasi. Semua kelompok menunjukkan, bagian dalam lokasi operasi tampak trabekular atau spekular, menunjukkan penyembuhan dan regenerasi osteoid yang efektif.¹⁸ Selain itu, Kattimani dkk. (2019) melakukan penelitian yang melibatkan aplikasi *bone graft* yang berasal dari cangkang telur pada pasien yang menjalani pencabutan gigi molar ketiga bilateral. Pada hari ke-21, kelompok yang diaplikasikan *bone graft* menunjukkan pola tulang trabekular lebih baik dan kepadatan tulang lebih tinggi. Selama periode *follow-up*, kedalaman probing menurun secara progresif dan tetap dalam batas normal pada bulan ketiga. kelompok kontrol menunjukkan perubahan signifikan pada kelompok yang diaplikasikan *bone graft*. Pencangkakan dengan nano-hidroksiapatit yang berasal dari cangkang telur menunjukkan peningkatan sifat regenerasi tulang tanpa tanda-tanda infeksi.¹⁰



Tabel 1 Penelitian-penelitian mengenai *bone graft* yang berasal dari cangkang telur untuk pembentukan tulang pada hewan

Defek	Biomaterial	Kontrol/ perawatan lainnya	Hasil	Ref
Tikus Wistar, defek periodontal 1,5 x 6 mm sisi bilateral	Bubuk cangkang telur, membran cangkang telur	<i>demineralized bone matrix</i> (DBM) collagen membrane	Hari ke-45 Tidak ada tanda-tanda reaksi inflamasi (tidak ada eosinofil) dan jaringan ikat terdapat di sekitar kelompok perlakuan dibandingkan kelompok kontrol.	11
Tikus Wistar, 5 mm pada tulang kalvaria	Bubuk cangkang telur (e)	Defek kosong (c) dan <i>demineralized bone matrix</i> (DBM) group (d), bubuk cangkang telur dan DBM (d).	Hari ke- 30 dan hari ke-60 Kelompok yang diberi perlakuan bubuk cangkang telur dan kelompok <i>demineralized bone matrix</i> (DBM) mempunyai persentase kesembuhan yang sama, sedangkan kelompok DBM mempunyai persentase kesembuhan yang sedikit lebih tinggi.	12
Mencit jantan, 3mm pada tulang kalvaria bilateral	Patch dilapisi dengan <i>soluble eggshells membrane protein</i>	Patch tidak dilapisi	Hari ke-21 Tidak ada infeksi atau reaksi inflamasi. Pembentukan tulang ditemukan pada ruang internal <i>patch</i> yang dilapisi <i>soluble eggshells membrane protein</i>	13
Kelinci New Zealand, ditanam dengan sekrup berukuran panjang 8mm dan diameter 3mm	Implan dilapisi dengan nano kalsium sulfat dengan bubuk cangkang telur yang diisi pada celah yang dibuat	Implan yang tidak dilapisi, Implan yang dilapisi nano kalsium sulfat tanpa celah, implan dilapisi nano kalsium sulfat dengan celah dan dibiarkan kosong.	Hari ke-14 dan ke-21 Peningkatan pembentukan tulang yang signifikan terjadi pada defek tulang di sekitar implan yang dilapisi nano kalsium sulfat dan diisi dengan bubuk cangkang telur sebagai pengganti tulang. Evaluasi radiografi menunjukkan tidak ada aktivitas radiolusen atau aktivitas abnormal dari tulang ke implan pada semua kelompok.	14
Tikus Wistar, 4 mm pada tulang kalvaria bilateral	<i>Eggshells brushite cement</i> (EB)	<i>Pure brushite cement</i> (PB)	Hari ke-42 dan ke-84 MicroCT: EB terdegradasi lebih cepat daripada PB; pembentukan tulang baru disekitar tepi pada kelompok EB. Histologi: anyaman tulang diamati pada kelompok EB; kelompok PB dikelilingi oleh sel inflamasi.	15



Immunohistokimia: Terjadi pembentukan tulang baru oleh osteopontin untuk EB > PB.

Defek	Biomaterial	Kontrol/ perawatan lainnya	Hasil	Ref
Tikus Sprague-dawley, 8 mm pada tulang kalvaria	<i>Eggshells hydroxyapatite (eHA)</i>	Kelompok yang tidak diberikan perlakuan (kontrol) dan <i>seashell hydroxyapatite (sHA)</i>	Hari ke-28, ke-56 Histologi: ditemukan tulang baru di sekitar daerah <i>bone graft</i> terlihat pada kelompok perlakuan. MicroCT: Volume tulang secara signifikan lebih tinggi pada kelompok perlakuan. Sel inflamasi lebih banyak ditemukan pada sHA dibandingkan eHA.	16
Pasien dibagi menjadi 2 kelompok: Kelompok 1: 2-defek tulang. Kelompok 2 3-defek tulang	<i>Eggshells-derived nanohydroxyapatite (EnHA)</i>	-	Hari ke-30, ke-120 dan ke-180 Kedua kelompok pasien menunjukkan perbaikan CAL, PD, dan CBCT. Kelompok 1 menunjukkan hasil yang lebih baik daripada kelompok 2 karena keterlibatan dinding periodontal yang rusak lebih banyak.	17
Pasien yang dirawat karena lesi periapikal seperti kista residual dan radikular. Defek tulang maksila diberikan <i>bone graft</i> setelah enukleasi dan/atau apikoektomi dan diberikan <i>eggshells powder</i>	<i>Eggshells hydroxyapatite</i>	-	Hari ke-30, ke-60 dan ke-90 <i>Follow-up</i> 1 minggu, semua pasien dilaporkan lebih sedikit merasakan nyeri terkait dengan lokasi yang diaplikasikan <i>bone graft</i> dibandingkan dengan lokasi yang tidak. Radiografi: Karakteristik pembentukan tulang signifikan antara minggu pertama dan bulan pertama ($P < 0,05$), menunjukkan gambaran spekular atau <i>ground glass</i> dengan menyatunya material dan tepi tulang. Bulan kedua setelah operasi, bagian dalam lokasi operasi berupa trabekular atau spekular pada setiap kasus, menunjukkan penyembuhan dan regenerasi osteoid yang efektif.	18
Pasien yang dilakukan pencabutan molar ketiga mandibula bilateral.	<i>Eggshells-derived nanohydroxyapatite</i>	Tidak diberikan perlakuan	Hari ke-7, ke-21, dan ke-42. Pola tulang trabekular dengan peningkatan kepadatan tulang terlihat pada kelompok <i>bone graft</i> hari ke-21. Kedalaman probing secara bertahap berkurang selama <i>follow-up</i> dan tetap dalam batas normal. Kelompok	10

perlakuan menunjukkan pembentukan tulang yang lebih baik tanpa infeksi.

Berdasarkan penelitian-penelitian pada Tabel 1, pemeriksaan histologi menunjukkan pembentukan tulang rata-rata diamati pada hari ke-21 atau minggu ke-3. Selain itu juga tidak ditemukan adanya reaksi alergi pada kelompok penelitian *in vivo* dan pasien.

PEMBAHASAN

1. PERAWATAN BONE GRAFT

PASCAEKSTRAKSI GIGI

Kehilangan tulang alveolar akibat resorpsi pascaekstraksi dapat dicegah melalui *alveolar ridge preservation* (ARP) atau perawatan preservasi soket, yang penting untuk mempertahankan volume tulang alveolar. Penempatan bahan *bone graft* ke dalam soket yang baru diekstraksi membantu menstabilkan bekuan darah selama fase penyembuhan awal. *Bone graft* berperan sebagai *scaffold* dalam proses penyembuhan, mendorong osteokonduksi tulang baru, dan secara bertahap diserap dan digantikan oleh tulang yang baru terbentuk.¹⁹ Prosedur ARP dimulai dengan menutup soket gigi segera setelah ekstraksi menggunakan bahan *bone graft*. *Bone graft* kemudian dimasukkan ke dalam soket untuk mencegah jaringan lunak tumbuh di dalam soket dan untuk mendorong pertumbuhan tulang.²⁰

Bone graft pada bidang kedokteran gigi selain digunakan pada perawatan ARP untuk memastikan dimensi yang memadai untuk penempatan implan, tetapi juga digunakan pada perawatan pascaoperasi yang melibatkan kehilangan tulang lebih dari 1 cm³. Kondisi patologis yang menyebabkan kerusakan tulang alveolar luas seperti kista dan tumor di rahang memerlukan operasi pembuangan tulang alveolar yang terinfeksi secara menyeluruh, diikuti dengan pemberian *bone graft* untuk memulihkan fungsi jaringan dan memfasilitasi rekonstruksi tulang.²¹

Bahan *bone graft* harus memiliki tiga sifat, osteogenesis, dapat membantu pembentukan tulang baru di lokasi ekstraksi, osteoinduksi,

menginduksi sel punca mesenkimal *host*, termasuk faktor pertumbuhan dan protein tulang dari jaringan sekitarnya, yang memungkinkan pembentukan tulang baru dan osteokonduksi, memfasilitasi invasi pembuluh darah dan sel-sel tulang yang baru terbentuk ke dalam sel-sel tulang di sekitarnya. Bahan *bone graft* harus memiliki ketiga sifat ini untuk mempertahankan area soket dan mencegah resorpsi setelah ekstraksi. Remodeling tulang akan menjadi tahap akhir penyembuhan luka selama bahan *bone graft* tidak bergeser dan suplai darah mencukupi.²²

2. HIDROKSI APATIT PADA PROSES PENYEMBUHAN

Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) adalah anggota keluarga kalsium fosfat yang ditemukan pada organisme hidup. Jaringan tulang manusia terdiri dari kalsium dan fosfat, yang merupakan 70% dari massa tulang. Hidroksiapatit (HA) adalah komponen mineral utama tulang kortikal dan kanselus dewasa. Hidroksiapatit diketahui dapat meningkatkan konsentrasi kalsium (Ca^{2+}) lokal, yang dapat mengaktifkan proliferasi osteoblas dan mendukung pertumbuhan serta diferensiasi sel *mesenchymal stem cells* (MSC).²³

Hidroksiapatit, yang terdiri dari komponen kalsium dan fosfat, menjadikan bahan ini berpotensi kecil menyebabkan efek toksik lokal dan sistemik pada tubuh. Aplikasi HA pada lokasi pascaoperasi memungkinkan tulang yang baru terbentuk untuk berikatan langsung dengan HA melalui lapisan kalsium karbonat yang tidak memiliki ikatan apatit. Adhesi HA pada tulang yang baru terbentuk akan mendukung pertumbuhan dan diferensiasi sel osteoblas, dan tulang yang baru terbentuk akan terdeposit pada tulang lama di sekitarnya (*scaffold*). *Scaffold* HA juga dapat digunakan sebagai perantara sitokin untuk berikatan dengan *bone morphogenetic proteins* (BMP) di tulang.²⁴

Penggunaan hidroksiapatit (HA) sebagai bahan *bone graft* dikaitkan dengan biaya produksi yang tinggi karena kemiripan



strukturalnya dengan tulang alami. Oleh karena itu, sebagai alternatif HA telah mengalami perkembangan dengan menggunakan sumber HA yang berasal dari sumber alami atau biomaterial alami seperti: karang, kerang laut, cangkang kepiting, tulang ikan dan cangkang telur. Salah satu sumber HA yang telah banyak dikembangkan adalah cangkang telur, ketersediaan cangkang telur yang tidak terbatas, dan murah, menjadikan cangkang telur dapat digunakan sebagai prekursor HA sebagai alternatif material *bone graft*.²⁰

3. CANGKANG TELUR AYAM

Cangkang telur memiliki tiga lapisan utama, masing-masing dengan komposisi yang berbeda. Lapisan terluar cangkang telur adalah

kutikula, lapisan protein transparan yang melapisi cangkang dan tampak seperti keramik. Lapisan kedua adalah lapisan spons atau kapur, yang kaya akan protein dan kalsium. Lapisan terdalam, yang dikenal sebagai lapisan mamilaris, adalah lapisan yang tipis dan tersusun protein serta mineral.²⁵

Cangkang telur ayam mengandung sumber kalsium alami yang terdiri dari 90% kalsium karbonat, 4% bahan organik, 1% magnesium karbonat, sejumlah kecil stronsium, fluorida, mangan, seng, dan tembaga yang juga berperan penting dalam metabolisme tulang dan gigi.²⁵ Kalsium karbonat (CaCO_3) di cangkang telur ayam telah teruji dengan baik sebagai bahan cangkang tulang karena komposisi dan sifat mekaniknya.²⁶ Umumnya, cangkang telur ayam memiliki berat 11% dari berat telur utuh. Komposisi gizi cangkang telur ayam secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi nutrisi cangkang telur ayam

Komposisi	Cangkang Telur (%)
Air	29 - 35
Lemak murni	0,10 – 0,20
Protein	1,4 - 4
Abu	89,9 – 91,1
Kalsium	35,1 - 36,4
Kalsium karbonat (CaCO_3)	90,9
Fosfor	0,12
Sodium	0,15 - 0,17
Magnesium	0,37 – 0,40
Potassium	0,10 – 0,13
Sulfur	0,09 - 0,19
Alanin	0,45
Arginin	0,56 – 0,57

Kalsium karbonat yang terdapat pada cangkang telur dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi hidroksiapatit (HA), yang berfungsi sebagai bahan dasar *bone graft*. Penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan metode presipitasi cangkang telur ayam untuk menghasilkan bubuk kalsium.²⁵ Metode prepitasi yang banyak digunakan untuk sintesis cangkang telur adalah *wet chemical precipitation*.

Kalsium karbonat (CaCO_3) yang terdapat pada cangkang telur kemudian direduksi menjadi kalsium oksida (CaO) melalui proses pembakaran dengan hasil samping karbon dioksida (CO_2), atau dikenal dengan proses kalsinasi. CaO yang dihasilkan kemudian dilarutkan dengan air untuk mendapatkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Presipitasi *wet chemical* memiliki perbedaan pada tahapan ini, (Ca(OH)_2) yang dihasilkan kemudian diberikan



tambahan asam fosfat seperti Na_2HPO_4 atau $(\text{NH}_4)_2(\text{PO}_4)$ agar terlarut dan pH tetap basa. Larutan yang telah tercampur kemudian dikeringkan dan akan menghasilkan bubuk partikel HA berukuran rata-rata 31,5 nm sebagai hasil akhir.²⁷

Meskipun cangkang telur bukanlah sumber utama alami untuk sintesis HA, penggunaan cangkang telur ayam tentu lebih ramah lingkungan, harga yang terjangkau, dan banyak ditemukan pada kehidupan sehari-hari.

KESIMPULAN

Laporan ini menunjukkan bahwa penggunaan cangkang telur ayam sebagai bahan *bone graft* dapat digunakan sebagai perawatan pascaoperasi dan mendukung pembentukan tulang baru. Lebih lanjut, beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan cangkang telur ayam sebagai *bone graft* tidak menunjukkan reaksi alergi atau respons inflamasi pada jaringan setelah *follow-up* pascaoperasi. Berdasarkan laporan sistematis yang telah dibuat, terbukti penggunaan *bone graft* yang berasal dari cangkang telur ayam aman digunakan sebagai perawatan pascaoperasi, bahan ini baik digunakan pada perawatan pascaoperasi infeksi maupun non-infeksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pagni G, Pellegrini G, Giannobile W V., Rasperini G. Postextraction alveolar ridge preservation: Biological basis and treatments. *International Journal of Dentistry*. 2012. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2012/151030>
2. Hupp JR, Ellis E, Tucker MR. *Contemporary Oral and Maxillofacial Surgery*. 7th ed. Philadelphia: Elsevier; 2019. 44–55 p. https://books.google.co.id/books/about/Contemporary_Oral_and_Maxillofacial_Surg.html?hl=id&id=LmzWDwAAQBAJ&redir_esc=y
3. Trisnawarman, Fahrizal F, Ashari E, Rahayu S, Susilo MH, Kurnia AD. *Profil Kesehatan Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2022*. Trisnawarman, editor. Pa: Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Selatan; 2022. 231–231 p. https://satudata.sumselprov.go.id/storage/documents/Profil_Dinkes_2023.pdf
4. Broers DLM, Dubois L, de Lange J, Su N, de Jongh A. Reasons for Tooth Removal in Adults: A Systematic Review. *Int Dent J*. 2022 Feb;72(1):52–7. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2021.01.011>
5. Rich RR, Cron RQ. The Human Immune Response. In: Rich RR, editor. *Clinical Immunology Principles and Practice*. 6th ed. United States: Elsevier; 2023. p. 3–4. https://books.google.co.id/books/about/Clinical_Immunology_E_Book.html?id=q3qEEAAQBAJ&redir_esc=y
6. Lewis DE, Zieske AW, Blutt SE. Organization of The Immune System. In: Rich RR, editor. *Clinical Immunology Principles and Practice*. 6th ed. United States: Elsevier; 2023. p. 5–37. https://books.google.co.id/books/about/Clinical_Immunology_E_Book.html?id=q3qEEAAQBAJ&redir_esc=y
7. Gomes P de S, Daugela P, Poskevicius L, Mariano L, Fernandes MH. Molecular and Cellular Aspects of Socket Healing in the Absence and Presence of Graft Materials and Autologous Platelet Concentrates: a Focused Review. *J Oral Maxillofac Res*. 2019 Sep 5;10(3). <https://doi.org/10.5037/jomr.2019.10302>
8. Wang J, Yao QY, Zhu HY. Efficacy of bone grafts in jaw cystic lesions: A systematic review. *World J Clin Cases*. 2022 Mar 26;10(9):2801–10. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i9.2801>
9. Ettl T, Gosau M, Sader R, Reichert TE. Jaw cysts – Filling or no filling after enucleation? A review. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2012 Sep;40(6):485–93. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2011.07.023>
10. Kattimani V, Lingamaneni KP, Yalamanchili S, Mupparapu M. Use of eggshell-derived



- nano-hydroxyapatite as novel bone graft substitute—A randomized controlled clinical study. *J Biomater Appl.* 2019 Oct 19;34(4):597–614.
<https://doi.org/10.1177/0885328219863311>
11. Kavarthapu A, Malaiappan S. Comparative evaluation of demineralized bone matrix and type II collagen membrane versus eggshell powder as a graft material and membrane in rat model. *Indian Journal of Dental Research.* 2019;30(6):877.
https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_489_17
 12. Mashipour S, Sabiza S, Rezaie A, Ghaderi Ghahfarokhi M. Histopathological Evaluation of Eggshell and DBM Combination on the Repair of Critical Size Experimental Calvarial Bone Defects in Rats. *Arch Razi Inst.* 2023 Dec 30;1709–18.
<https://doi.org/10.32592/ari.2023.78.6.1709>
 13. Kim D, Gwon Y, Park S, Kim W, Yun K, Kim J. Eggshell membrane as a bioactive agent in polymeric nanotopographic scaffolds for enhanced bone regeneration. *Biotechnol Bioeng.* 2021 May 7;118(5):1862–75.
<https://doi.org/10.1002/bit.27702>
 14. Kadhim DR, Hamad TI, Fatalla AA. Use of Eggshells as Bone Grafts around Commercially Pure Titanium Implant Screws Coated with Nano Calcium Sulfate. *Int J Biomater.* 2022 Aug 10;2022:1–8.
<https://doi.org/10.1155/2022/8722283>
 15. Jayasree R, Kumar TSS, Venkateswari R, Nankar RP, Doble M. Eggshell derived brushite bone cement with minimal inflammatory response and higher osteoconductive potential. *J Mater Sci Mater Med.* 2019 Oct 3;30(10):113.
<https://doi.org/10.1007/s10856-019-6315-x>
 16. Lee SW, Balázs C, Balázs K, Seo D hyun, Kim HS, Kim CH, et al. Comparative Study of hydroxyapatite prepared from seashells and eggshells as a bone graft material. *Tissue Eng Regen Med.* 2014 Apr 7;11(2):113–20.
<https://doi.org/10.1007/s13770-014-0056-1>
 17. Ganapathy V, Balaji A, Kumar TSS, Shanmugam M. Eggshell Derived Nanohydroxyapatite as a Bone Graft for Intrabony Defects was Evaluated Using (CBCT) - A Randomized Controlled Trial. *J Pharm Bioallied Sci.* 2024 Dec;16(Suppl 5):S4517–21.
https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_1041_24
 18. Kattimani V, Chakravarthi P, Kanumuru N, Subbarao V, Sidharthan A, Kumar T, et al. Eggshell derived hydroxyapatite as bone graft substitute in the healing of maxillary cystic bone defects: A preliminary report. *J Int Oral Health.* 214AD;(3):15–9.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4109239/>
 19. Avila-Ortiz G, Chambrone L, Vignoletti F. Effect of alveolar ridge preservation interventions following tooth extraction: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2019 Jun 18;46(S21):195–223.
<https://doi.org/10.1111/jcpe.13057>
 20. Khanijou M, Seriwatanachai D, Boonsiriseth K, Suphangul S, Pairuchvej V, Srisatjaluk RL, et al. Bone graft material derived from extracted tooth: A review literature. *J Oral Maxillofac Surg Med Pathol.* 2019 Jan;31(1):1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2018.07.004>
 21. Chan M. Bone Grafting Techniques and Biomaterials for Alveolar Ridge Augmentation. In: Dym H, Halpern LR, Ogle OE, editors. *Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology for The Clinician.* Canada: John Wiley & Sons; 2023. p. 47–80.
https://books.google.co.id/books/about/Oral_and_Maxillofacial_Surgery_Medicine.html?id=hDi9EAAAQBAJ&redir_esc=y
 22. Aghaloo TL, Pi-anfruns J, Jones S, M. Ulma R, Afzali P, Kahenasa N. Bone Grafting Techniques and Materials. In: Fonseca RJ, editor. *Oral and Maxillofacial Surgery.* 3rd ed. Missouri: Elsevier; 2018. p. 426–34.
https://books.google.co.id/books/about/Oral_and_Maxillofacial_Surgery_E_Book.html?id=FgRODgAAQBAJ&redir_esc=y



23. Ielo I, Calabrese G, De Luca G, Conoci S. Recent Advances in Hydroxyapatite-Based Biocomposites for Bone Tissue Regeneration in Orthopedics. *Int J Mol Sci.* 2022 Aug 27;23(17):9721.
<https://doi.org/10.3390/ijms23179721>
24. Kattimani VS, Kondaka S, Lingamaneni KP. Hydroxyapatite—Past, Present, and Future in Bone Regeneration. *Bone Tissue Regen Insights.* 2016 Jan 11;7:BTRI.S36138.
<https://doi.org/10.4137/BTRI.S36138>
25. Abdelraof M, Farag MM, Al-Rashidy ZM, Ahmed HYA, El-Saied H, Hasanin MS. Green Synthesis of Bioactive Hydroxyapatite/Cellulose Composites from Food Industrial Wastes. *J Inorg Organomet Polym Mater.* 2022 Dec 17;32(12):4614–26.
<https://doi.org/10.1007/s10904-022-02462-2>
26. Nuamsrinuan N, Kaewwiset W, Limsuwan P, Naemchanthara K. Hydroxyapatite Synthesized from Waste Eggshell via Ball Milling. *Applied Mechanics and Materials.* 2017 Jun;866:12–6.
<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.866.12>
27. Kareem Z, Eyiler E. Synthesis of hydroxyapatite from eggshells via wet chemical precipitation: a review. *RSC Adv.* 2024;14(30):21439–52.
<https://doi.org/10.1039/D4RA02198C>