



Evaluasi Perawatan Apeksifikasi Melalui Gambaran Radiografi pada Gigi Permanen Muda

Naufal Nurrizka Hibatullah^{1*}, Lasmi Dewi Nurnaini²

¹⁻² Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: naufalhibatullah300800@gmail.com

Abstract. *Background: Immature permanent teeth with open apices and pulpal necrosis present a significant challenge in endodontic treatment. Apexification procedures have been developed to stimulate the formation of a hard tissue barrier at the apex, thereby allowing adequate obturation. Objective: This case report aims to describe the evaluation of apexification treatment based on radiographic findings. Case Report: An 8-year-old boy accompanied by his mother presented to PKU Muhammadiyah Surakarta Hospital with a history of a fall one week earlier. The affected tooth had previously received a temporary restoration from another dentist. According to the patient's mother, medication had been placed in tooth to devitalize the pulp prior to temporary filling. Clinical examination revealed that tooth 11 exhibited a fracture involving approximately half of the crown and extending into the pulp chamber. Discussion: Initial radiographic examination in 2018 indicated that immature teeth have lower structural resistance compared with mature teeth; therefore, endodontic intervention such as apexification is required to establish apical barrier and adequate obturation. The material used for apexification in this case was a combining calcium hydroxide and iodoform. In contrast to the initial stage, radiographic evaluation in 2024 demonstrated that root development had progressed to stage V. According to Cvek's classification of root development, stage V (Cvek stage V) represents a condition in which root development is fully completed. Conclusion: Based on long-term clinical and radiographic evaluation in this case, apexification treatment proved effective in stimulating the formation of an apical barrier and supporting root maturation in immature permanent teeth.*

Keywords: *Apexification; Calcium Hydroxide; Dentistry; Immature Teeth; Radiographic.*

Abstrak. Latar Belakang: Gigi permanen muda dengan apeks terbuka yang mengalami nekrosis pulpa menghadirkan tantangan besar dalam perawatan endodontik. Prosedur apeksifikasi dikembangkan untuk merangsang pembentukan barier jaringan keras pada apeks sehingga memungkinkan obturasi yang adekuat. Tujuan: Tujuan dari laporan kasus ini untuk menjabarkan evaluasi perawatan apeksifikasi melalui gambaran radiografi. Laporan Kasus: Seorang anak laki-laki usia 8 tahun bersama ibunya datang ke RS PKU Muhammadiyah Surakarta karena jatuh seminggu yang lalu. Gigi tersebut telah ditambal sementara oleh dokter gigi sebelumnya. Menurut ibu pasien, gigi diberi obat untuk mematikan syaraf sebelum ditambal. Pada pemeriksaan obyektif terlihat gigi 11 mengalami fraktur ½ mahkota dan sudah melibatkan kamar pulpa. Diskusi: Pemeriksaan radiografi awal pada kasus ini di tahun 2018, menunjukkan bahwa gigi imatur memiliki resistensi struktural yang lebih rendah dibanding gigi matur, sehingga intervensi endodontik seperti apeksifikasi diperlukan untuk membentuk penghalang apikal dan memungkinkan obturasi yang adekuat. Bahan yang digunakan dalam perawatan apeksifikasi pada kasus ini adalah kombinasi kalsium hidroksida dan iodoform dalam bentuk pasta siap pakai, yaitu *Any-Pex™*. Berbeda dengan tahap awal, pada tahun 2024 perkembangan akar sudah mencapai tahap V. Menurut klasifikasi perkembangan akar oleh Cvek, tahap V (Cvek stage V) menunjukkan kondisi di mana perkembangan akar telah selesai sepenuhnya. Pada tahap ini, Berbeda dengan tahap sebelumnya yang masih imatur, gigi pada tahap V dikategorikan sebagai gigi matur. Kesimpulan: Berdasarkan hasil evaluasi klinis dan radiografis jangka panjang pada perawatan kasus ini, apeksifikasi terbukti efektif dalam menstimulasi pembentukan kap apikal serta mendukung maturasi akar pada gigi permanen muda dengan pulpa nekrosis dan apeks terbuka.

Kata kunci: Apeksifikasi; Gigi Permanen Muda; Kalsium Hidroksida; Kedokteran Gigi; Radiografi.

1. LATAR BELAKANG

Trauma dentoalveolar merupakan salah satu masalah kesehatan gigi yang sering terjadi pada anak dan remaja, terutama pada gigi permanen muda yang masih dalam tahap perkembangan akar. Cedera seperti fraktur mahkota, luksasi, atau avulsi dapat menyebabkan kerusakan jaringan pulpa dan berujung pada nekrosis pulpa sebelum pembentukan akar selesai.

Kondisi ini menyebabkan apeks tetap terbuka, dinding dentin tipis, serta kerentanan tinggi terhadap fraktur. Selain itu, berhentinya pertumbuhan akar setelah trauma merupakan konsekuensi umum akibat hilangnya vitalitas pulpa pada gigi imatur (Darmawanti *et al.*, 2024).

Secara klinis, trauma merupakan penyebab utama nekrosis pulpa pada gigi permanen imatur, khususnya pada insisivus anterior. Gigi permanen muda yang mengalami nekrosis yang disebabkan oleh kelainan pulpa maupun akibat adanya trauma pada gigi dapat menyebabkan pertumbuhan akar terhenti. Apeks akan tetap terbuka dan saluran akar lebih lebar di bagian apeks dibanding dengan daerah serviks. Akibat dari apeks yang masih terbuka lebar, perawatan endodontik konvensional menjadi sulit dan keberhasilannya tidak dapat diperkirakan (Suwartini, 2020). Penelitian menunjukkan bahwa trauma pada gigi permanen muda dengan apeks terbuka cukup sering terjadi pada populasi anak dan remaja, dan kondisi ini memerlukan intervensi khusus untuk mempertahankan gigi dalam rongga mulut. Selain itu, gigi imatur yang mengalami trauma memiliki dinding dentin tipis sehingga rentan terhadap fraktur bahkan setelah perawatan (Bautista *et al.*, 2025).

Gigi permanen muda dengan apeks terbuka yang mengalami nekrosis pulpa menghadirkan tantangan besar dalam perawatan endodontik. Teknik perawatan saluran akar konvensional sulit dilakukan karena tidak adanya konstriksi apikal yang memadai untuk penutupan hermetik. Oleh karena itu, prosedur apeksifikasi dikembangkan untuk merangsang pembentukan barier jaringan keras pada apeks sehingga memungkinkan obturasi yang adekuat. Apeksifikasi bertujuan menciptakan penutupan apikal buatan pada gigi non vital dengan perkembangan akar yang belum selesai. Perawatan gigi permanen muda yang terjadi nekrosis merupakan apeksifikasi (Jurnal & Gigi, 2023).

Apeksifikasi merupakan metode untuk menginduksi barrier kalsifikasi pada gigi nonvital dengan apeks terbuka. Tujuan dari apeksifikasi adalah untuk menginduksi penutupan sepertiga apikal saluran akar yang terbuka atau pembentukan “*apical plug*” untuk memfasilitasi proses obturasi (Sugiaman & Natsir, 2022). Apeksifikasi dapat dilakukan secara multi-visit maupun one-visit tergantung dari jenis material yang digunakan (Sutela *et al.*, 2024). Bahan yang umum digunakan yaitu kalsium hidroksida dan MTA. Penggunaan kalsium hidroksida dan MTA merupakan bahan yang paling banyak diterima untuk mendorong gigi dalam pembentukan *apical barrier*. Evaluasi keberhasilan perawatan apeksifikasi sangat bergantung pada pemeriksaan radiografi. Gambaran radiografis digunakan untuk menilai pembentukan barier apikal, perubahan ukuran lesi periapikal, serta stabilitas jaringan periradikular selama periode tindak lanjut. Radiografi serial memungkinkan pemantauan proses penyembuhan dan maturasi akar secara objektif. Oleh karena itu, analisis radiografis menjadi komponen penting dalam

pelaporan kasus apeksifikasi pada gigi permanen muda pascatrauma, sekaligus menentukan prognosis jangka panjang dari gigi yang dirawat (Prasad & Purewal, 2018). Tujuan dari laporan kasus ini untuk menjabarkan evaluasi perawatan apeksifikasi melalui gambaran radiografi.

2. KAJIAN TEORI

Seorang anak laki-laki usia 8 tahun bersama ibunya datang ke RS PKU Muhammadiyah Surakarta karena jatuh seminggu yang lalu. Gigi tersebut telah ditambal sementara oleh dokter gigi sebelumnya. Menurut ibu pasien, gigi diberi obat untuk mematikan syaraf sebelum ditambal. Pada pemeriksaan obyektif terlihat gigi 11 mengalami fraktur $\frac{1}{2}$ mahkota dan sudah melibatkan kamar pulpa. Pemeriksaan obyektif dengan sondasi, perkusi dan palpasi menunjukkan hasil negatif. Pemeriksaan tes termal menunjukkan gigi sudah non vital. Pada pemeriksaan ronsen panoramik terlihat radiolusen pada kamar pulpa gigi 11 yang menunjukkan adanya bahan devitalisasi dan tambalan sementara (Gambar 1). Terlihat pula apeks belum menutup dan tidak terlihat adanya lesi pada area periapiks. Dari hasil pemeriksaan subyektif, obyektif dan radiografi dapat ditegakkan diagnosis Nekrosis Pulpa *et causa* Fraktur Ellis Kelas 3 disertai apex terbuka. Rencana perawatannya adalah Apeksifikasi dan Restorasi Komposit.



Gambar 1. Gambaran panoramik sebelum perawatan.

Pada kunjungan pertama setelah ditegakkan diagnosis dilakukan ekstirpasi pulpa dan preparasi saluran akar minimal dengan hati-hati terutama pada bagian apikal. Bahan irigasi yang digunakan adalah larutan NaCl. Setelah saluran akar bersih diaplikasikan bahan dressing $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan barium sulfat, kemudian ditutup tumpatan sementara. Selanjutnya dilakukan penggantian bahan dressing setiap bulan selama 3 bulan. Pada bulan ke-4 pasien kontrol, tidak ada keluhan yang dirasakan pasien dan tumpatan sementara masih ada. Hasil pemeriksaan obyektif tidak ada tanda-tanda patologi dan pada pemeriksaan radiografi tidak terlihat ada area radiolusen pada periapiks (Gambar 2). Perawatan dilanjutkan dengan aplikasi bahan apeksifikasi yaitu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan Iodoform, lining dan restorasi menggunakan Semen ionomer kaca. Kontrol berikutnya dilakukan 2 bulan kemudian dengan pemeriksaan radiografi (Gambar 3). Selanjutnya kontrol dilakukan berkala 3 bulan sekali. Penggantian bahan

apeksifikasi dilakukan jika pada saat kontrol tumpatan lepas dan bahan apeksifikasi dalam saluran akar terlihat berkurang, namun tidak ada tanda-tanda patologis.



Gambar 2. Gambaran panoramik setelah perawatan.

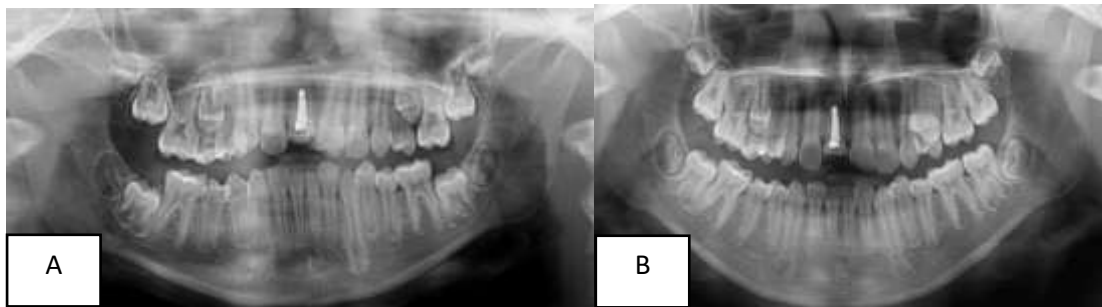
Kontrol perawatan setelah 1 tahun perawatan, pasien tidak merasakan keluhan sakit dan tidak ada gangguan rasa nyaman. Pemeriksaan obyektif tidak menunjukkan adanya tanda-tanda patologis, kemudian dilakukan pengambilan ronsen panoramik untuk evaluasi hasil perawatan (Gambar 4). Gambaran radiografi menunjukkan terlihat, apeks gigi masih sangat terbuka dan divergen, dengan saluran akar yang relatif lebar terutama pada arah bukolingual dibandingkan mesiodistal. Ujung akar cenderung berbentuk ireguler, dan diameter foramen apikal lebih besar daripada diameter saluran akar di bagian koronal (Koyuncuoglu, 2025).



Gambar 3. Perkembangan akar pada tahun 2019.

Pemeriksaan radiografis berikutnya dilakukan setelah 1 tahun 3 bulan dari kontrol sebelumnya (Gambar 4A). Hasil radiografi menunjukkan gigi permanen muda dengan perkembangan akar sekitar dua pertiga ($\pm \frac{2}{3}$) dari panjang akar normal. Pada tahap ini, apeks masih terbuka lebar dan berbentuk divergen, menandakan bahwa pembentukan ujung akar belum selesai. Secara radiografis, foramen apikal tampak luas tanpa adanya konstriksi apikal yang jelas, serta dinding dentin akar relatif tipis sehingga gigi lebih rentan terhadap fraktur. Saluran akar pada tahap ini umumnya lebih lebar pada arah bukolingual dibandingkan mesiodistal, dengan ujung akar yang masih ireguler. Pemeriksaan radiografis berikutnya

dilakukan setelah 1 tahun dari kontrol sebelumnya (4B) menunjukkan bahwa terdapat panjang akar yang hampir mencapai ukuran normal dengan dinding apikal mulai konvergen, meskipun foramen apikal masih terbuka (Bukhary, 2025).



Gambar 4. Hasil evaluasi perkembangan akar gigi: (A) tahun 2020, (B) tahun 2021.

Dua tahun setelah kunjungan sebelumnya, pasien datang dengan keluhan tambalan patah namun tidak ada keluhan sakit. Hasil pemeriksaan obyektif perkusi dan palpasi negatif, jaringan gingiva dalam batas normal. Pengambilan ronsen panoramik dilakukan sebelum dilakukan restorasi ulang dan pada gambaran radiografi terlihat telah terjadi penutupan pada



Gambar 5. Perkembangan akar pada tahun 2024.

apeks dengan tipe V dimana panjang akar sudah mencapai ukuran normal, dinding dentin tebal, dan foramen apikal telah menutup membentuk konstiksi apikal yang jelas. Secara radiografis, apeks tampak sempit dengan batas yang tegas serta kontinuitas lamina dura yang baik apabila jaringan periapikal dalam keadaan sehat. (Gambar 5). Gigi dilakukan restorasi dengan resin komposit untuk mengembalikan fungsi estetik. Pasien disarankan kontrol apabila ada keluhan.

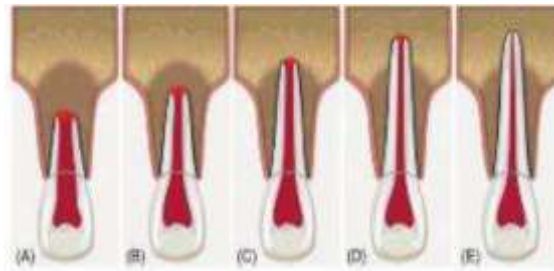
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Apeksifikasi merupakan suatu metode untuk mempercepat pembentukan kalsifikasi akar pada gigi permanen non vital dengan apeks terbuka. Prosedur apeksifikasi dilakukan dengan membuang pulpa nekrotik tepat di bawah ujung akar dan menempatkan agen biokompatibel yang sesuai untuk menutup apeks akar. Tujuannya adalah untuk memungkinkan pembentukan penghalang apikal pada gigi dengan apeks terbuka serta perkembangan akar. Jaringan

mineralisasi dapat terdiri dari osteosementum, osteodentin, tulang, atau kombinasi dari ketiganya. Penutupan apikal dapat terjadi secara tuntas atau beberapa milimeter lebih pendek dari ujung akar. Penutupan apikal dapat terjadi di ujung akar atau berupa massa padat yang tidak merata di sepertiga bagian apikal (Samal, 2020). Kondisi apeks terbuka umumnya disebabkan oleh karies yang tidak dirawat pada usia dini atau trauma berat pada gigi permanen muda sehingga perkembangan akar terhenti secara prematur. Meskipun demikian, apeks terbuka juga dapat ditemukan pada gigi dewasa dengan akar yang sebelumnya telah terbentuk sempurna akibat kondisi patologis tertentu, seperti resorpsi akar eksternal inflamatorik, maupun faktor iatrogenik seperti over-instrumentasi yang memperbesar diameter foramen apikal pada gigi matur (Mahardika & Abdurrohman, 2023).

Revaskularisasi memungkinkan masuknya sel punca mesenkimal ke dalam saluran akar gigi permanen imatur yang mengalami nekrosis melalui apeks terbuka setelah dilakukan prosedur endodontik regeneratif. Dengan demikian, proses ini berpotensi membentuk jaringan baru di dalam saluran akar yang berasal dari sel inang. Hasil yang diharapkan dari terapi ini meliputi penyembuhan lesi periapikal, peningkatan panjang akar, penebalan dinding dentin akar, serta terbentuknya apeks secara radiografis, meskipun tidak semua hasil tersebut selalu dapat dicapai. Proses reparasi hanya dapat berlangsung pada jaringan apikal yang telah terorganisasi dengan baik dan bebas dari infeksi, sehingga memungkinkan kelanjutan perkembangan ujung akar pada gigi imatur (Giri, 2020). Dalam evaluasi perkembangan apeks, sebagian besar gigi menunjukkan hanya penutupan apikal tanpa perubahan signifikan pada panjang akar. Hasil serupa juga ditemukan pada gigi yang menjalani prosedur apeksifikasi, yaitu tidak terjadi peningkatan panjang akar maupun penyempitan ruang saluran akar. Kondisi ini diduga berkaitan dengan keberlangsungan hidup struktur penting seperti selubung epitel akar Hertwig (Hertwig's epithelial root sheath), papila apikal, atau sel ligamen periodontal, yang berperan dalam proses perkembangan akar. Dari sudut pandang tersebut, periode observasi yang lebih panjang dianggap lebih bermakna pada kasus regenerasi, karena maturasi akar dapat terus berlangsung seiring waktu. Berdasarkan kasus ini, maturasi akar diamati selama masa tindak lanjut hingga 5 tahun (Yuliati & Nugraheni, 2019).

Berbagai sistem klasifikasi telah dikembangkan untuk menilai derajat perkembangan dan maturasi akar. Salah satu yang paling banyak digunakan adalah klasifikasi yang diperkenalkan oleh Cvek karena memberikan deskripsi radiografis yang jelas serta relevan secara klinis. Klasifikasi ini membagi perkembangan akar menjadi lima tahap, yaitu: tahap I ($< \frac{1}{2}$ panjang akar), tahap II ($\pm \frac{1}{2}$ panjang akar), tahap III ($\pm \frac{2}{3}$ panjang akar), tahap IV (panjang akar hampir lengkap dengan foramen apikal masih terbuka lebar), dan tahap V (foramen apikal telah menutup dengan perkembangan akar yang sempurna) (Alsharif, 2024).



Gambar 6. Skema klasifikasi Cvek mengenai tahapan perkembangan akar gigi: (A) tahap I, (B) tahap II, (C) tahap III, (D) tahap IV, dan (E) tahap V.

Pemeriksaan radiografi awal pada kasus ini di tahun 2018, menunjukkan bahwa gigi imatur memiliki resistensi struktural yang lebih rendah dibanding gigi matur, sehingga intervensi endodontik seperti apeksifikasi diperlukan untuk membentuk penghalang apikal dan memungkinkan obturasi yang adekuat. Bahan yang digunakan dalam perawatan apeksifikasi pada kasus ini adalah kombinasi kalsium hidroksida dan iodoform dalam bentuk pasta siap pakai, yaitu *Any-Pex™*. Kalsium hidroksida memiliki sifat antibakteri yang kuat serta kemampuan merangsang pembentukan jaringan keras melalui pelepasan ion hidroksil dan kalsium, sehingga mendukung terbentuknya penghalang apikal pada gigi dengan apeks terbuka. Penambahan iodoform berfungsi meningkatkan efek antimikroba serta memberikan sifat radiopak yang memudahkan evaluasi posisi bahan pada pemeriksaan radiografi. Kombinasi kedua komponen ini banyak digunakan sebagai medikamen intrakanal pada gigi permanen muda dengan nekrosis pulpa karena efektif dalam mengendalikan infeksi sekaligus mendukung proses penyembuhan jaringan periapikal (Qasem *et al.*, 2024). Berbeda dengan tahap awal tersebut, pada tahun 2024 perkembangan akar sudah mencapai tahap V. Menurut klasifikasi perkembangan akar oleh Cvek, tahap V (Cvek stage V) menunjukkan kondisi di mana perkembangan akar telah selesai sepenuhnya. Pada tahap ini, Berbeda dengan tahap sebelumnya yang masih imatur, gigi pada tahap V dikategorikan sebagai gigi matur. Saluran akar memiliki diameter yang relatif lebih kecil dan bentuk yang lebih konvergen menuju apeks. Kondisi ini memungkinkan dilakukannya perawatan saluran akar konvensional dengan teknik

obturasi standar karena sudah tersedia batas apikal alami untuk mencegah ekstrusi bahan pengisi ke jaringan periapikal (Pendse *et al.*, 2025).

Pola penyembuhan yang diamati secara radiografi dapat diamati melalui Panjang akar dengan jaringan sekitarnya. Panjang akhir akar gigi yang dirawat, meskipun pada awalnya sangat berkurang, umumnya sedikit lebih pendek dibandingkan gigi kontralateral, dan pada beberapa kasus hampir setara. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun masih terdapat struktur pemandu perkembangan akar berupa selubung Hertwig, sel-sel khusus pembentuk dentin (odontoblas) tidak lagi tersedia sehingga tidak dapat segera melaksanakan fungsi diferensiasi dan deposisi matriks dentin. Proses tersebut kemudian berlangsung dalam jangka waktu lebih lama melalui diferensiasi sel-sel mesodermal di bawah pengaruh selubung epitel. Hasil akhirnya adalah perkembangan akar yang tidak sepenuhnya fisiologis, meskipun terjadi pemanjangan bagian apikal (Habib & Salamzai, 2023).

Lokasi pembentukan kap apikal awal tampaknya berkaitan langsung dengan tingkat penempatan kalsium hidroksida serta kontakannya dengan jaringan apikal. Selain itu, perlu ditekankan bahwa bentuk dan kualitas obliterasi apikal akan lebih jelas terlihat ketika bahan pengisi saluran akar yang bersifat radiopak berkontak langsung dengan kap tersebut. Bahan obturasi berfungsi sebagai media kontras yang menegaskan batas antara material pengisi dan barier apikal. Pada radiograf sering tampak area radiolusensi kecil di antara bahan pengisi saluran akar dan kap apikal yang tetap terlihat dalam jangka waktu lama. Area ini tidak dapat diinterpretasikan sebagai celah obturasi, melainkan mencerminkan keberadaan jaringan reparatif yang sulit menjadi radiopak akibat kolonisasi sementoblas dan osteoblas. Pola mineralisasi jaringan tersebut berlangsung dari perifer menuju pusat saluran akar, sementara jaringan yang telah termineralisasi sebelumnya menghambat aktivitas sel dan memperlambat progresi mineralisasi selanjutnya (Samal, 2020).

Penggunaan bahan kalsium hidroksida dapat memicu mineralisasi osteoblas. Osteoblas berfungsi sebagai disinfektan saluran akar dan mendorong pertumbuhan sel jaringan fibrosa dan kalsifikasi (osteo dentin) di bagian apikal saluran akar. Bahan ini tetapi memiliki kekurangan seperti waktu perawatan yang lama, penutupan apikal yang tidak dapat diprediksi, kesulitan dalam kepatuhan pasien, infeksi berulang, dan fraktur servikal. Namun, berdasarkan penelitian yang dilakukan Lee *et al.* (2021) menunjukkan bahwa bahan kalsium hidroksida lebih baik dalam pertumbuhan akar dibandingkan bahan MTA. Meskipun gigi dengan apeks terbuka menunjukkan tanda-tanda nekrosis pulpa, gigi tersebut masih terdapat beberapa jaringan pulpa yang tersisa di saluran akar yang lebar dan beberapa jaringan papila apikal yang tersisa di jaringan periapikal. Jaringan pulpa *viable* dan papila apikal yang tersisa ini dapat

memasok sel ke gigi yang sakit untuk perkembangan akar yang berkelanjutan (Lee *et al.*, 2015). Ion kalsium dapat menginduksi ekspresi kolagen tipe I, osteopontin, osteokalsin, dan enzim alkali fosfatase pada osteoblas serta mineralisasi melalui fosforilasi p38 *mitogen-activated* protein kinase dan *c-Jun Nterminal kinase*. Alkali fosfatase melepaskan fosfatase anorganik dari ester fosfat. Enzim ini dapat memisahkan ester fosfat, melepaskan ion fosfat yang bereaksi dengan ion kalsium aliran darah untuk membentuk kalsium fosfat hidroksiapatit (Silveira *et al.*, 2015).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi klinis dan radiografis jangka panjang pada kasus ini, perawatan apeksifikasi terbukti efektif dalam menstimulasi pembentukan kap apikal serta mendukung maturasi akar pada gigi permanen muda dengan pulpa nekrosis dan apeks terbuka. Penggunaan medikamen intrakanal kombinasi kalsium hidroksida dan iodoform mampu mengendalikan infeksi, merangsang mineralisasi jaringan keras, serta menciptakan kondisi biologis yang mendukung penyembuhan jaringan periapikal. Proses pembentukan jaringan mineralisasi di daerah apikal memungkinkan terbentuknya barier apikal yang adekuat sehingga obturasi dapat dilakukan secara optimal.

DAFTAR REFERENSI

- Alsharif, M. B. (2024). Successful healing of periapical pathology with partial pulpotomy in a mature permanent molar: A case report. *American Journal of Case Reports*, 1–7. <https://doi.org/10.12659/AJCR.942937>
- Bautista, A., Ghilotti, J., Sanz, J. L., & Llana, C. (2025). Decoronation as a therapeutic alternative for ankylosis in children and adolescents for vertical bone preservation and growth: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/jcm14061945>
- Bukhary, S. (2025). Apexification of an endodontically failed permanent tooth with an open apex: A case report with histologic findings.
- Darmawanti, M. P., Dwisaptarini, A. P., & Ratnasari, D. (2024). Mineral trioxide aggregate apical plug and intracoronary bleaching on dental trauma: Report of cases. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 36(4), 139. <https://doi.org/10.24198/jkg.v36i4.49869>
- Giri, P. R. K. (2020). Penyembuhan lesi periapikal melalui perawatan apeksifikasi dengan kalsium hidroksida pada gigi permanen muda. *Intisari Sains Medis*, 11(3), 1522–1526. <https://doi.org/10.15562/ism.v11i3.709>

- Habib, F., & Salamzai, A. M. (2023). The differences of the calcium hydroxide and the mineral trioxide aggregate in the apical closure of immature, non-vital permanent teeth. *International Journal of Current Science Research and Review*, 6(4), 2235–2240. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v6-i4-03>
- Jurnal, I., & Gigi, K. (2023). Case management of anterior tooth intrusion due. 19(2), 121–126.
- Koyuncuoglu, G. (2025). Clinical and radiographic evaluation of two different apexification protocols in traumatized immature permanent incisors. *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 31(1), 23–31. <https://doi.org/10.14744/tjtes.2024.31532>
- Lee, L. W., Hsieh, S. C., Lin, Y. H., Huang, C. F., Hsiao, S. H., & Hung, W. C. (2015). Comparison of clinical outcomes for necrotic immature permanent incisors treated with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate apexification/apexogenesis. *Journal of the Formosan Medical Association*, 114(2), 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2014.06.005>
- Mahardika, C., & Abdurrohman, M. M. S. (2023). Root canal treatment with fiber post and jacket crowns restoration post trauma maxillary central incisor. *Jurnal Medali*, 5(2), 108–115. <https://doi.org/10.30659/medali.5.2.108-115>
- Pendse, G., Misra, R., Mandke, L., Maniar, H., & Khose, A. (2025). Comparison of revascularization and apexification using mineral trioxide aggregate in young human immature nonvital teeth: A systematic review and meta-analysis. *Cureus*, 17(7). <https://doi.org/10.7759/cureus.88732>
- Prasad, A., & Purewal, J. (2018). Management of the open apex using new biomaterials. *Journal of Operative Dentistry & Endodontics*, 3(1), 43–47. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10047-0055>
- Qasem, F. A., Awad, S. M., & Elagamy, R. A. (2024). Effectiveness of calcium hydroxide and gingerols mixture as a novel obturation material for infected root in primary teeth: A randomized clinical trial. *International Journal of Dentistry*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/5528260>
- Samal, N. (2020). Apexification: A comprehensive review. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 14(4), 8551–8555. <https://doi.org/10.37506/ijfmt.v14i4.13042>
- Silveira, C. M. M., Sebrão, C. C. N., Vilanova, L. S. R., & Sánchez-Ayala, A. (2015). Apexification of an immature permanent incisor with the use of calcium hydroxide: 16-year follow-up of a case. *Case Reports in Dentistry*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/984590>
- Sugiaman, L. H., & Natsir, N. (2022). Apexification with apical plug in immature permanent maxillary incisor teeth: Case report. *Makassar Dental Journal*, 11(1), 80–83. <https://doi.org/10.35856/mdj.v11i1.515>
- Sutela, I. G. M. Y., Yonas, Y., Ramadani, R. R., Ambarwati, V. L., Lestari, V., Mulad, I. A., Avicenna, C. R., Jaelani, N. H. A., & Saraswati, W. (2024). Perawatan endodontik sekali kunjungan molar pertama kiri mandibula dengan nekrosis pulpa disertai

periodontitis apikalis asimptomatik: Laporan kasus. Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran, 36(4), 169. <https://doi.org/10.24198/jkg.v36i4.50162>

Suwartini, T. (2020). Revaskularisasi gigi: Prosedur perawatan potensial untuk regenerasi gigi nekrosis pulpa apeks terbuka (Tinjauan pustaka). Jurnal Kedokteran Gigi Terpadu, 1(2), 52–57. <https://doi.org/10.25105/jkgt.v1i2.6392>

Yuliati, E., & Nugraheni, T. (2019). Perawatan perforasi bifurkasi dengan mineral trioxide aggregate (MTA) dan restorasi resin komposit desain preparasi onlei. Clinical Dental Journal (UGM), 5(2).