

Post-treatment evaluation of combined odontogenic keratocyst and ameloblastoma using fractal dimension analysis

Evaluasi pascaperawatan kombinasi *odontogenic keratocyst* dan ameloblastoma menggunakan analisis fraktal dimensi

¹Uce Ayuandika M, ²Rezky Amalia, ³Donna Trye Liling, ⁴Virdha Dwi Mulya, ⁵Barunawaty Yunus

^{1,2,3,4}Dentomaxillofacial Radiology Study Program, Faculty of Dentistry, Hasanuddin University

⁵Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Hasanuddin University
Makassar, Indonesia

Corresponding author, e-mail: barunawaty@gmail.com

ABSTRACT

Odontogenic keratocyst (OKC) and ameloblastoma are common odontogenic lesions, often occurring in the posterior part of the mandible. Panoramic radiographic examination with fractal analysis has been proven very effective in evaluating trabecular bone and assessing disease prognosis by comparing preoperative and postoperative images of the lesion. This article evaluates the combined treatment of OKC and ameloblastoma through the application of fractal analysis on panoramic radiographs. A 20-year-old female presented with a complaint of swelling in the left mandible that had been ongoing for about three months. Objective examination showed facial asymmetry marked by enlargement of the posterior mandible. Radiographic examination showed multiple irregular radiolucent lesions resembling soap bubbles. The case was diagnosed as a combination of OKC and ameloblastoma. It is concluded that the dredging method has been proven effective in the treatment of OKC and ameloblastoma. Fractal analysis calculations have been proven to be very useful in the field of dentistry for disease monitoring purposes.

Keywords: odontogenic keratocyst, ameloblastoma, panoramic radiography, fractals analysis

ABSTRAK

Odontogenic keratocyst (OKC) dan ameloblastoma merupakan lesi odontogenik yang umum terjadi, sering kali muncul di rahang bawah (RB) bagian posterior. Pemeriksaan radiografi panoramik dengan analisis fraktal terbukti sangat efektif dalam mengevaluasi tulang trabekular dan menilai prognosis penyakit dengan membandingkan gambar praoperasi dan pascaoperasi lesi. Pada artikel ini dievaluasi perawatan kombinasi OKC dan ameloblastoma melalui penerapan analisis fraktal pada radiografi panoramik. Seorang perempuan berusia 20 tahun datang dengan keluhan pembesaran RB kiri yang berlangsung sekitar tiga bulan. Pemeriksaan objektif menunjukkan asimetri wajah yang ditandai dengan pembesaran RB bagian posterior. Pemeriksaan radiografis menunjukkan kelainan radiolusensi multipel yang tidak teratur, menyerupai gelembung sabun. Kasus didiagnosis sebagai kombinasi OKC dan ameloblastoma. Disimpulkan bahwa metode *dredging* terbukti efektif dalam perawatan OKC dan ameloblastoma. Selain itu, perhitungan analisis fraktal terbukti sangat bermanfaat dalam bidang kedokteran gigi untuk tujuan monitoring penyakit.

Kata kunci: *odontogenic keratocyst*, ameloblastoma, radiografi panoramik, analisis fraktal

Received: 10 September 2025

Accepted: 5 January 2026

Published: 1 April 2026

PENDAHULUAN

Odontogenic keratocyst (OKC) dan ameloblastoma merupakan lesi odontogenik jinak yang umum ditemukan secara klinis pada rahang.¹⁻³ Menurut WHO pada tahun 2005, OKC diklasifikasikan sebagai tumor (*keratocyst odontogenic tumor*) karena sifat agresif, rekurensi tinggi, dan mutasi pada gen PTCH. Namun, WHO mengklasifikasikannya kembali sebagai OKC pada tahun 2017 karena kurangnya bukti yang mendukung asal neoplastiknya.⁴ Terkait ameloblastoma pertama kali diidentifikasi oleh Cusack pada tahun 1827 dan pertama kali dijelaskan pada tahun 1868 sebagai *adamandine epithelioma*. Istilah ameloblastoma pertama kali digunakan pada tahun 1930 oleh Ivy dan Churchill.^{5,6} Sel asal ameloblastoma berasal dari ameloblas. Tingkat kejadian OKC 7–20% dari lesi kistik rahang, sedangkan ameloblastoma 13–54% dari tumor rahang.^{4,6} OKC paling sering terjadi pada rahang bawah daripada rahang atas sekitar 70% serta lokasi yang paling sering terkena adalah bodi posterior, angulus, dan ramus.^{7,8} Begitupun dengan ameloblastoma, sekitar 80% dan dapat memiliki tingkat rekurensi yang tinggi.⁹ OKC merupakan kista rahang yang paling umum ketiga, sementara ameloblastoma merupakan tumor odontogenik yang paling umum.⁴

Menurut WHO, ameloblastoma merupakan lesi radiolusensi dan bersifat jinak, tumbuh lambat namun agresif secara lokal, dan invasif lokal dari neoplasma odontogenik epitel yang diduga berasal dari email, sisa-sisa lamina dental, epitel kista dentigerous atau lapisan basal epitel mukosa oral.^{5,10} OKC adalah neoplasma jinak intraoseus dengan karakteristik agresif dan infiltratif yang berasal dari sisa-sisa lamina dental. Kista ini memiliki lapisan epitel skuamosa berlapis yang parakeratinisasi.⁶ Terkait modalitas pengobatan saat ini untuk ameloblastoma meliputi eksisi lokal dan rekonstruksi, tetapi OKC umumnya diobati dengan metode bedah yang lebih konservatif, seperti marsupialisasi dan atau enukleasi.³ Gambaran klinis, lokasi lesi dan radiografis antara OKC dan ameloblastoma hampir mirip, sehingga sulit membedakan kedua penyakit dengan akurat.^{1,3} Secara radiografis, OKC dan ameloblastoma menunjukkan beberapa gambaran radio-

grafis yang serupa, seperti area radiolusen *well-defined*, berlapis kortikal, unilokular atau multilokular, berhubungan atau tidak dengan gigi yang belum erupsi. Berbagai kelainan patologis yang menunjukkan radiolusensi multilokular dapat menyerupai OKC atau ameloblastoma, termasuk kista odontogenik glandular, traumatic bone cyst, central giant cell granuloma, odontogenik myxoma, dan lesi fibro-oseous. Namun, ciri radiografis yang menunjukkan radiolusensi unilokular yang berhubungan dengan gigi yang belum erupsi menyerupai kista dentigerous.^{4,9}

Penilaian OKC dan ameloblastoma berupa pemeriksaan klinis, dengan meninjau riwayat medis pasien, gejala dan tanda oral, pemeriksaan radiografi dan histopatologi (*gold standard* diagnosis).^{3,11} Dalam banyak kasus, biopsi insisi tidak dapat memberi diagnosis yang pasti, terutama pada lesi besar atau lesi yang disertai inflamasi.^{3,11} Selain itu, adanya perbedaan signifikan dalam perilaku biologis antara kedua penyakit menjadikan strategi pengobatan yang berbeda, sehingga sangat penting untuk mendiagnosis dan membedakan kedua penyakit ini sebelum intervensi bedah. Diagnosis radiologis ameloblastoma meliputi radiografi intraoral dan radiografi ekstraoral seperti radiografi panoramik (ortopantomogram dan sefalogram), *cone beam computed tomography* (CBCT), *computed tomography* (CT), *magnetic resonance imaging* (MRI), dan sebagainya.^{2,3,11,12} Radiografi panoramik adalah pemeriksaan pencitraan yang paling umum dan praktis sebelum operasi.² Penggunaan radiografi konvensional mengakibatkan kehilangan mineral tulang 30–50%, sehingga *fractal analysis* telah dikembangkan sebagai alat diagnosis non-invasif yang dapat menganalisis tulang trabekula dan sumsum tulang, mendeteksi kehilangan tulang alveolar pada tahap awal termasuk bagian periferinya.^{12,13}

Laporan kasus ini membandingkan gambaran radiografis dan ameloblastoma, serta mengevaluasi perawatan dari OKC dan ameloblastoma menggunakan *fractal analysis* pada radiografi panoramik.

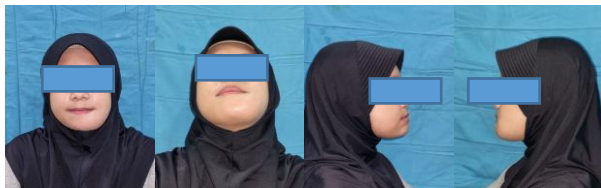
KASUS

Seorang perempuan berusia 19 tahun dirujuk ke Departemen Be-

Case

dah Mulut dan Maksilofasial, Rumah Sakit Gigi Universitas Hasanudin, dengan keluhan utama berupa pembesaran di RB kiri sejak 3 bulan yang lalu. Pasien pernah melakukan pencabutan gigi belakang kiri bawah dan sering membersihkan sisa makanan menggunakan kawat hingga berdarah. Pasien kemudian mengeluhkan timbul benjolan pada gusi sebesar kelerang, keras saat ditekan, dan semakin membesar. Tidak ada riwayat keluarga dengan kondisi serupa, tanpa penurunan berat badan, tidak ada riwayat alergi obat maupun makanan. Pasien melaporkan tidak ada riwayat penyakit sistemik.

Pemeriksaan ekstraoral menunjukkan asimetri wajah akibat pembesaran di daerah rahang bawah kiri, berukuran sekitar 9x2,5x2 cm. Pembengkakan tersebut memiliki konsistensi keras dan tidak nyeri. Pemeriksaan intraoral ditemukan pembesaran area vestibulum posterior gigi 36-42 dengan ukuran 5x1,5x1 cm, konsistensi keras, nyeri palpasi (-), krepitasi (-), warna lebih merah dengan jaringan sekitar. Mobilitas derajat 2 pada gigi 35-42, parsial erupsi gigi 38 dan 48, sisa akar gigi 36 dan 46, kalkulus (+) dengan OH sedang (Gbr. 1, Gbr. 2)



Gambar 1 Pemeriksaan ekstraoral pre-operatif pasien: depan, bawah, lateral kanan, dan lateral kiri



Gambar 2 Pemeriksaan klinis: depan, rahang atas, rahang bawah

Pemeriksaan radiografi panoramik menggunakan Vatech PAX-1 3D Green Machine (Vatech, Hqaseong, Korea) dengan parameter exposur 73 kVp, 10 mA dan waktu paparan 10 detik. Hasilnya menunjukkan gambaran radiolusen multilokuler ireguler dengan septa-septa radiopak internal (*soap bubble appearance*), meluas dari 1/3 apikal mesial gigi 36 hingga area parasimfisis dextra, menyebabkan resorpsi minimal kontur eksternal apikal akar gigi 32, 33, 34, 35, displacement akar gigi, dan dekstruksi inferior korteks mandibula sinistra (Gbr. 3).

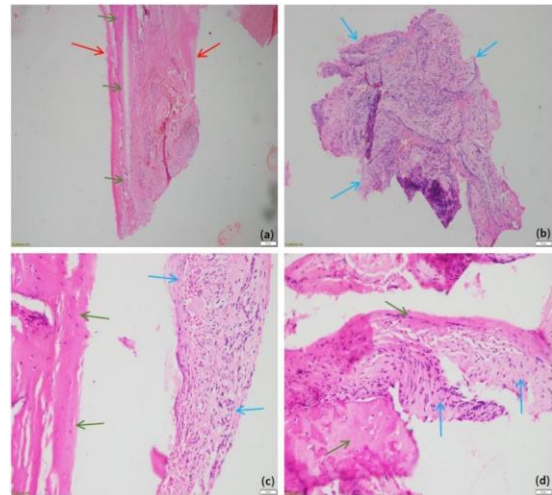
Pada hasil pemeriksaan histopatologis di RSP Unhas, sediaan jaringan menunjukkan gambaran dinding kista dilapisi sel odontogenik, banyak trabekel tulang dan satu fokus kecil jaringan mengesankan pulau-pulau sel odontogenik di antara stroma jaringan ikat (Gbr. 4). Kesimpulan HPA kasus ini yaitu odontogenik cyst dengan satu fokus kecil area yang mencurigakan ameloblastoma. Berdasarkan gambaran radiografis dan pemeriksaan histopatologis, diagnosis kasus pasien ini yaitu kombinasi *odontogenic keratocyst* dan ameloblastoma.



Gambar 3 Pemeriksaan radiografi panoramik preoperatif.

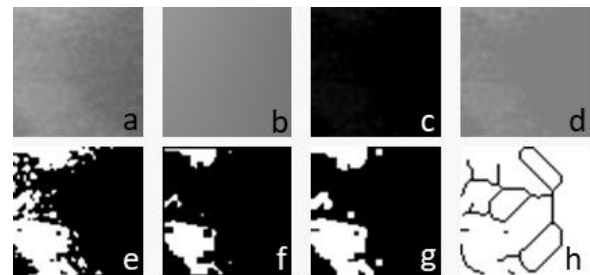
TATALAKSANA

Pada kasus ini digunakan analisis workflow fraktal dimensi meng-



Gambar 4 Pemeriksaan histopatologis; a OBJ 4X: (panah merah). Sediaan jaringan menunjukkan gambaran dinding kista dilapisi sel odontogenik, (panah hijau) banyak trabekel tulang, b OBJ 10X: satu fokus kecil jaringan mengesankan pulau-pulau sel odontogenik di antara stroma jaringan ikat, c OBJ 20X: (panah hijau). Sediaan jaringan menunjukkan gambaran dinding kista dilapisi sel odontogenik, (panah biru) stroma jaringan ikat, d OBJ 40X: (panah hijau). Sediaan jaringan menunjukkan gambaran dinding kista dilapisi sel odontogenik, banyak trabekel tulang dan satu fokus kecil jaringan mengesankan pulau-pulau sel odontogenik di antara stroma jaringan ikat (panah biru)

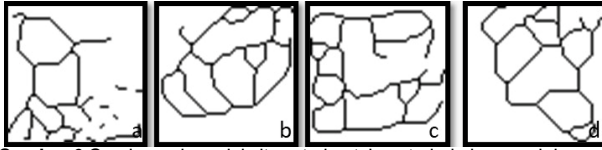
gunakan *Image J* yang diterbitkan oleh *National Institute of Health Image* di <https://imagej.nih.gov> (Gbr. 5). Gambar yang diduplikasi diburamkan menggunakan filter *Gaussian Blur*, untuk menghilangkan perbedaan densitas pada gambar yang disebabkan oleh jaringan lunak yang menutupi permukaan tulang dan perubahan ketebalan tulang, sehingga perbedaannya menjadi lebih terlihat. Penggunaan binarisasi pada analisis ini dapat mengubah format dual, hitam dan putih, sehingga mudah mengidentifikasi sumsum tulang dan struktur trabekula. Prosedur erosi dan dilasi gambar dilakukan untuk menghilangkan *noise*. Dengan menggunakan opsi *skeletonize*, kontur tulang trabekula digambar secara skeletal sebagai persiapan untuk *fractal analysis* (FA). Pada langkah *invert*, area putih pada gambar diubah menjadi hitam dan area hitam menjadi putih untuk menampilkan kontur tulang trabekula. Setelah itu, dilakukan metode penghitungan kotak (*fractal box counter*).



Gambar 5 Analisis workflow dimensi fraktal menggunakan *Image J*; a *region of interest* (ROI) dipilih, b penyaringan Gaussian untuk pengurangan *noise*, c subtraksi sigma 35, d normalisasi gambar dengan menambahkan 128, e gambar biner yang diperoleh setelah *thresholding*, f proses erosi, g proses dilasi, h gambar yang diskeletonisasi digunakan untuk perhitungan dimensi fraktal menggunakan metode *box-counting*.

Setelah dilakukan analisis workflow fractal dimensi di atas, tampak bahwa struktur tulang trabekular menunjukkan peningkatan kompleksitas yang ditandai dengan lebih banyak trabekula (Gbr. 6). Terkait penilaian FD pada sisi kanan bertujuan untuk menjelaskan nilai FD normal RB. Hasil pengukuran FD menunjukkan bahwa ada peningkatan FD dari preoperatif hingga 11 bulan setelah *dredging*, yang

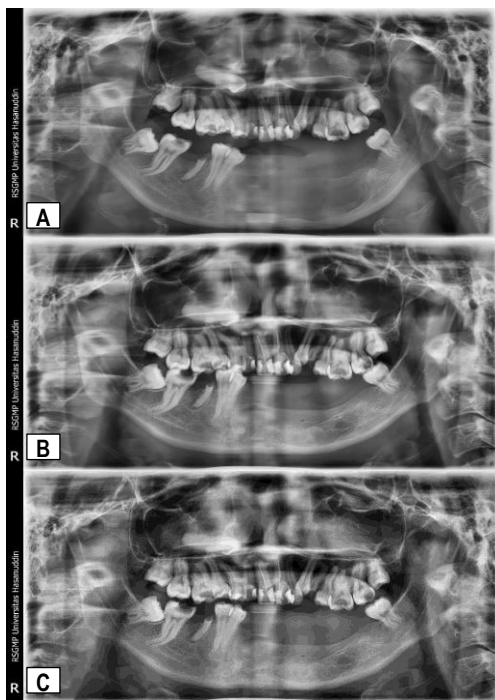
menunjukkan adanya proses penyembuhan tulang (Tabel 1). Nilai FD pada 11 bulan pasca-*dredging* mendekati nilai FD normal pada sisi kanan. Pemeriksaan radiografi *post-operative* (Gbr.7), pascapengobatan metode *dredging*. Pada kontrol ketiga tampak ada peningkatan pembentukan struktur tulang trabekula.



Gambar 6 Gambaran kompleksitas struktur tulang trabekula sesuai dengan analisis fractal dimensi; a preoperatif, b 3 bulan pascaoperatif, c 8 bulan pascaoperatif, d 11 bulan pascaoperatif.

Tabel 1 Hasil kalkulasi *fractal dimension* (FD)

		3 BULAN	8 BULAN	11 BULAN
	PREOPERATIF	POSTOPERATIF	POSTOPERATIF	POSTOPERATIF
	RIGHT SIDE	VE	IVE	ATIVE
FD Value	1.5741	1.4545	1.4483	1.4801
			1.4801	1.5289



Gambar 7 Pemeriksaan radiografi panoramik pascaoperatif a kontrol pertama, b kontrol kedua, dan c kontrol ketiga.

DISKUSI

Odontogenik keratocyst (OKC) dan ameloblastoma merupakan lesi patologis yang sering ditemukan pada RB, yang memiliki banyak kesamaan dalam manifestasi klinis dan gambaran radiografi.^{2,6} Terdapat beberapa pilihan pengobatan dan tergantung pada faktor-faktor seperti subtype histologis tumor, ukuran dan lokasi, usia pasien, riwayat rekurensi, keterlibatan jaringan lunak dan kondisi kesehatan secara keseluruhan.^{9,11} Pengobatan bedah adalah salah satu metode yang efektif untuk tumor odontogenik, namun pemilihan metode bedah yang tepat harus dipertimbangkan dengan cermat oleh klinisi.² Berdasarkan laporan kasus ini dipilih pengobatan konservatif, yaitu *dredging method*, untuk penanganan OKC disertai ameloblastoma. Metode *dredging* dikembangkan sebagai perawatan alternatif konservatif untuk mempercepat pembentukan tulang baru, pengangkatan tumor secara lengkap, dan mengurangi tingkat rekurensi dibandingkan dengan enukleasi sederhana. Prosedur *dredging* dilakukan

setelah deflasi dan enukleasi atau hanya enukleasi. Metode *dredging* dilakukan setiap 2-3 bulan untuk mempercepat pembentukan tulang baru dan menghilangkan sarang sel tumor. Selain itu, untuk *follow up* dimulai ketika sel tumor tidak terdeteksi dalam pemeriksaan mikroskopik melalui dua kali *dredging* secara berturut-turut. Metode *dredging* juga memiliki kelemahan, yaitu harus dilakukan operasi berulang yang memungkinkan terjadi stimulasi sel tumor, sehingga harus selalu dipantau dengan ketat. Namun, penelitian oleh *Kakuguchi*, dkk belum pernah mengalami hal tersebut pada beberapa kasus yang menerapkan metode *dredging*.^{14,15}

Trott JR, dkk melaporkan bahwa epidemiologi kista odontogenik adalah 52,3% laki-laki dan 47,7% perempuan.¹⁶ Begitupun Kaygisiz, dkk melaporkan kista odontogenik ditemukan dengan tingkat yang lebih tinggi pada laki-laki (55,9%). Secara umum, tingkat kista odontogenik lebih tinggi pada pria diinterpretasikan karena tingkat kebersihan mulut pada pria lebih tinggi.^{17,18} Terkait bentuk lesi patologis (unilokular dan multilokular) pada OKC dan ameloblastoma, penelitian Kitisubkanchana, dkk, menunjukkan 82% OKC berbentuk unilokular. Sedangkan lebih banyak kasus ameloblastoma menunjukkan bentuk multilokular (68,3%) daripada unilokular (31,7%). Namun, ameloblastoma masih menjadi kontroversial karena beberapa riset melaporkan bahwa rasio bentuk unilokular terhadap multilokular adalah 1:1.⁴

Radiografi panoramik sering diminta oleh dokter gigi dan ahli bedah maksilofasial untuk menilai susunan gigi, dukungan tulang periodontal, struktur tulang maksila dan mandibula, sendi temporomandibula, fraktur mandibula dan sinus maksila.¹⁹ Secara radiografi, perbedaan antara OKC dan ameloblastoma terutama didasarkan pada beberapa gambaran, seperti perluasan bukolingual, jumlah lokulus, densitas internal, dan resorpsi akar gigi yang berdekatan.³ Menurut Alves, dkk, dinyatakan bahwa pada secara radiografi, ameloblastoma dapat memperluas tulang kortikal rahang bawah, tetapi hal ini tidak terjadi pada OKC.¹⁸ Hasil yang serupa diteliti oleh Kitisubkanchana J, dkk, bahwa karakteristik OKC sebagai lesi radiolusen unilokuler dengan batas halus dan ekspansi tulang ringan atau tidak ada, dibandingkan dengan ameloblastoma.⁴ Selain itu, gambaran OKC berupa unilokular dengan septum, sedangkan ameloblastoma menunjukkan pola multilokular. OKC lebih sering ditemukan pada bodi mandibula dibandingkan dengan ameloblastoma, dan ameloblastoma lebih sering menyebabkan resorpsi akar dibandingkan dengan OKC.²⁰ Ameloblastoma juga terjadi di area anterior, yang jarang pada OKC.¹

Fractal analysis adalah suatu metode bahwa, mikroarsitektur tulang trabekular didefinisikan oleh nilai numerik. FA digunakan untuk memeriksa secara detail gambaran yang tidak terlihat melalui radiografi.²¹ Dalam metode ini, digunakan sistem pemrosesan gambar matematis dan morfologis. Untuk tujuan ini, White dan Rudolph pertama kali menerapkan metode FA dalam kedokteran gigi pada tahun 1999 dan melaporkan hasil yang sukses. Nilai numerik yang diperoleh setelah analisis fraktal disebut FD.^{17,22-24} Dalam penelitian Kaba, dkk, radiografi panoramik digunakan karena masih menjadi metode yang paling umum digunakan untuk evaluasi, perencanaan dan pengobatan. Teknik yang paling umum digunakan untuk menghitung FD adalah *box-counting*, yang juga digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan struktur trabekula.²² Jika nilai FD tinggi, struktur yang dievaluasi memiliki struktur yang kompleks, sedangkan jika nilai FD rendah, strukturnya lebih sederhana.¹⁷ Penelitian oleh Suemitsu, peningkatan yang signifikan pada nilai FD pada bulan ke-3 dan ke-6 yang menunjukkan indikasi hasil yang baik terhadap perubahan struktur tulang.²⁵ Dalam penelitian oleh Ihan dkk, dilaporkan bahwa tingkat penyembuhan densitas tulang pada akhir 12 bulan mencapai 88% pada

kista berukuran lebih dari 30 mm.²⁶ Begitupun dengan penelitian oleh Rubio, dkk. melaporkan bahwa penyembuhan telah selesai pada akhir 12 bulan pada 18 pasien yang menjalani metode enukleasi.²⁷ Beberapa penelitian tersebut sama dengan Kaygisiz, dkk, yaitu adanya penyembuhan pada area lesi yang mendekati nilai FD pada area sehat di akhir 12 bulan. Hasil ini diinterpretasikan bahwa 12 bulan merupakan waktu yang cukup bagi kista untuk sembuh.¹⁷ Pada kasus ini, diperoleh nilai FD yang tinggi (Tabel 1), menunjukkan struktur yang kompleks dan adanya perubahan struktur tulang.

Dalam beberapa penelitian, belum ada kesepakatan mengenai hubungan antara FD dan kompleksitas tulang trabekula. Pada suatu penelitian, disebutkan bahwa hilangnya struktur trabekula tipis akibat demineralisasi dapat menyebabkan perubahan densitas pada radiografi, yang mengakibatkan perubahan FD. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan perubahan FD seperti variasi anatomis, keragaman

metode radiografi, artefak, ketidakakuratan kalibrasi pada perangkat radiografi, perbedaan ukuran sampel, profil pasien, teknik yang digunakan untuk pengukuran FD, dan pemilihan ROI yang bervariasi dalam hal ukuran, lokasi, dan bentuk.¹³

Disimpulkan bahwa OKC dan ameloblastoma merupakan lesi odontogenic jinak yang memiliki gambaran radiografis yang hampir mirip, dengan tingkat rekurensi tinggi terutama jika pengobatan yang diterapkan tidak tepat. Sebagian besar OKC menunjukkan batas yang halus dan bentuk unilokular, sementara ameloblastoma menunjukkan batas yang bergelombang dan bentuk multilokular. Dalam kedokteran gigi, metode *fractal analysis* semakin populer dan semakin banyak digunakan dalam kedokteran gigi. Metode ini terutama digunakan dalam analisis struktur tulang pada radiografi gigi serta didukung oleh teknologi *and artificial intelligence*, dan dapat memberikan panduan kepada tenaga medis mengenai proses penyembuhan.

REFERENSI

- Kaneko N, Sameshima J, Kawano S, Chikui T, Mitsuyasu T, Chen H, et al. Comparison of computed tomography findings between odontogenic keratocyst and ameloblastoma in the mandible : Criteria for differential diagnosis. *J Oral Maxillofac Surg, Med Pathol [Internet]* 2023;35(1):15–22. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2022.07.016>
- Liu Z, Liu J, Zhou Z, Zhang Q, Wu H, Zhai G, et al. Differential diagnosis of ameloblastoma and odontogenic keratocyst by machine learning of panoramic radiographs. *Int J Comput Assist Radiol Surg [Internet]*. 2021;16(3):415–22. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11548-021-02309-0>
- Chai ZK, Mao L, Chen H, Sun TG, Shen XM, Liu J. Improved diagnostic accuracy of ameloblastoma and odontogenic keratocyst on cone-beam CT by artificial intelligence. *Front Oncol* 2022;11:1–9.
- Kitisubkanchana J, Hidayah N, Sopee R, Suchaya P, Damrongsri P. Odontogenic keratocyst and ameloblastoma: radiographic evaluation. *Oral Radiol [Internet]* 2020;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s11282-020-00425-2>
- Rahman FUA, Yunus B, Rasol IF. Radiological analysis and postoperative evaluation of multilocular ameloblastoma in young patient through panoramic radiograph: a case report. *J Case Rep Dent Med* 2019;1(3):73–6.
- Yilmaz, Onur, Yilmaz ZS, Balaban E CC. Management of recurrence of ameloblastoma and odontogenic keratocyst: a cross-sectional study. *Int J Dent Sci Invasive* 2020;3(22):174–86.
- Astuti ER, Putu N, Sumarta M, Putra RH, Pramatika B. Treatment evaluation of odontogenic keratocyst by using CBCT and fractal dimension analysis on panoramic radiograph. *J Indian Acad Oral Med Radiol* 2020;130(34):391–6
- Milani CM, Mauricio CB, Francio L. Case report 14-year evolution odontogenic keratocyst: Case report. *Med Dent Cir Maxillofac* 2021;62(1):1–6.
- Belknap AN, Vidican CB, Cohen DM, Bhattacharyya I, Islam MN, Gohel A. A case report of synchronous ameloblastoma and odontogenic keratocyst of the mandible. *John Wiley Sons Ltd*; 2020.p.1–7.
- Ranchod S, Titinchi F, Behardien N, Morkel J. Original article ameloblastoma of the mandible: analysis of radiographic and histopathological features. *J Oral Med Oral Surg*. 2021;27(6):1–8.
- Bukhsh A, Alnasser R, Alnaser Y, Alrshaeed W, Habtar S, Al G. Evaluation, treatment, complication and prognosis of ameloblastoma. *J Health Sci* 2023;3(12):660–6.
- Nagarajan N, Sadaksharam J. Current concepts in imaging and management of ameloblastoma. *Med Reports Case Stud*. 2021;06(S2):2020–1.
- Bilgin E, Tumen E. Evaluation of fractal analyses of the trabecular bone region in lesioned and healthy mandibular first permanent molars according to age and gender on panoramic radiographs. *Meandros Med Dent J* 2024;4:466–80.
- Kakuguchi W, Ohno Y, Nakazawa S, Naito R, Moritani Y. Application of the dredging method in a case of recurrent ameloblastoma that had spread over a large region of the mandible. *J Oral Maxillofac Surg Med Pathol [Internet]*. 2019;1–5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajoms.2019.09.006>
- Sadat SMA, Ahmed M. Dredging method - a conservative surgical approach for the treatment of ameloblastoma of jaw. *J Bangladesh Coll Phys Surg* 2011;29(2):72–7.
- Trott JR, Esty C. An analysis of 105 dental cysts. *J Can Dent Assoc (Tor)* 1972;38(2):75–8.
- Kaygisiz ÖF, Karsli ED. Evaluation of cyst treatment technique, cyst type, size differences and healing by fractal analysis. *BMC Oral Health* 2024;24(1271):1–9.
- Berretta D, Alves M, Tuji FM, Alves FA, Rocha AC, Santos-Silva AR, et al. Evaluation of mandibular odontogenic keratocyst and ameloblastoma by panoramic radiograph and computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018;47:1–7.
- Macanovic M, Gangidi S, Porter G, Brown S, Courtney D, Porter J. Incidental bony pathology when reporting trauma orthopantomograms. *Clin Radiol [Internet]* 2010;65(10):842–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crad.2010.06.004>
- Andini P, Epsilawati L, Pramanik F. Odontogenic keratocysts in children and adults: a clinical and radiographic perspective based on two case reports. *Indones J Dent*. 2025;5(2):142–7.
- Tayman MA, Sarıçam E. Fractal analysis of trabecular alveolar bone with intrabony and furcation defects using periapical dental radiographs. *Eur J Therapeut* 2024;30(4):456–63.
- Nuri Y, Neşe K, Öner İ, Amuk M, Bilge S, Soyul E, et al. Evaluation of trabecular bone healing using fractal dimension analysis after augmentation of alveolar crests with autogenous bone grafts: a preliminary study. *Oral Radiol* 2021;1–8.
- Ozkiris S. Comparison of decompression vs enucleation using fractal analysis with panoramic radiography for odontogenic cysts. *Med Sci Monit* 2025;31:1–7.
- Nandedkar VA. Evaluating the utility of nuclear fractal in assessment of behaviour of odontogenic cysts. *Int J Med Sci Curr Res* 2020;3(5):3–6.
- Suemitsu M. A pathomorphological study of fractal analysis in parenchymal-stromal border on keratocystic odontogenic tumor — with special reference to proliferative activity and vascular distribution. *Int J Oral-Med Sci* 2012;10(4):372–83.
- Ihan Hren N, Miljavec M. Spontaneous bone healing of the large bone defects in the mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37(12):1111–6.
- Rubio ED, Mombrú CM. Spontaneous bone healing after cysts enucleation without bone grafting materials: a randomized clinical study. *Craniomaxillofac. Trauma Reconstr* 2015;8(1):14–22.