

DENTIN
JURNAL KEDOKTERAN GIGI
VOL IX. NO 3. DESEMBER 2025

DEEP LEARNING IN FORENSIC ODONTOLOGY: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Endah Sekar Palupi^{1)*}, Anis En Nabiilah²⁾

¹⁾ Departemen Odontologi Forensik, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

²⁾ Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Indonesia

ABSTRACT

Background: Forensic odontology supports human identification, age estimation, and disaster victim identification (DVI), yet conventional approaches can be affected by examiner subjectivity, population variability, and limitations in image/data quality. Bibliometrics is useful for mapping research patterns, collaboration, and thematic structures in rapidly growing fields. Deep learning is increasingly applied to dental imaging and forensic tasks. **Objective:** To map the research landscape of deep learning in forensic odontology using a bibliometric approach. **Methods:** Scopus-indexed publications (2005–2025) were retrieved using (“forensic odontology” OR “forensic dentistry” OR “dental identification”) AND (“deep learning” OR “artificial intelligence” OR “machine learning”). Data were analyzed in RStudio with bibliometrix/Biblioshiny to assess publication trends, leading sources, country contributions, author keywords, co-occurrence networks, and thematic mapping. **Results:** The search identified 171 documents from 89 journal sources involving 682 authors (mean 4.98 authors/document), with 23.39% international collaboration. A total of 391 author keywords were recorded; the mean document age was 2.03 years, with 16.54 citations per document and an annual growth rate of 21.02%. Publication output rose sharply after 2019, peaking in 2024–2025. Forensic Science International was the most productive source; country contributions were led by India, followed by Brazil and China. Thematic mapping positioned AI/deep learning as the methodological core, primarily linked to dental age estimation and identification using panoramic radiography/CBCT. **Conclusion:** Deep learning research in forensic odontology is expanding rapidly; future work should emphasize cross-population external validation and standardized data/protocols.

Keywords : bibliometric, deep learning, forensic odontology

ABSTRAK

Latar belakang: Odontologi forensik berperan dalam identifikasi individu, estimasi usia, dan konteks DVI, tetapi pendekatan konvensional masih dipengaruhi subjektivitas pemeriksa, variasi populasi, serta keterbatasan kualitas. Bibliometrik membantu memetakan pola, kolaborasi, dan struktur intelektual ketika literatur berkembang cepat. Deep learning saat ini makin luas digunakan untuk analisis citra dental dan aplikasi forensik. **Tujuan:** Menganalisis lanskap riset *deep learning* dalam odontologi forensik melalui pendekatan bibliometrik. Metode: Data diambil dari Scopus (2005–2025) menggunakan kunci (“forensic odontology” OR “forensic dentistry” OR “dental identification”) AND (“deep learning” OR “artificial intelligence” OR “machine learning”). Data dianalisis dengan RStudio menggunakan bibliometrix/Biblioshiny meliputi tren publikasi, sumber, negara, kata kunci, *co-occurrence*, dan *thematic map*. **Hasil:** Teridentifikasi 171 dokumen dari 89 sumber jurnal, melibatkan 682 penulis (rata-rata 4,98 penulis/dokumen) dengan 23,39% kolaborasi internasional. Terdapat 391 author keywords; usia dokumen rata-rata 2,03 tahun dengan sitasi rata-rata 16,54/dokumen serta pertumbuhan tahunan 21,02%. Produksi ilmiah meningkat tajam sejak 2019 dan mencapai puncak pada 2024–2025. Jurnal Forensic Science International menjadi sumber paling dominan, dan kontribusi negara dipimpin India, diikuti Brasil dan Tiongkok. Pemetaan tema menegaskan *AI/deep learning* sebagai pusat metodologis dengan fokus aplikasi utama pada estimasi usia gigi dan identifikasi berbasis radiografi panoramik/CBCT. **Kesimpulan:** Riset *deep learning* dalam odontologi forensik tumbuh pesat, namun penelitian selanjutnya perlu menekankan validasi eksternal lintas populasi, dan standarisasi data/protokol.

Kata kunci : bibliometrik, *deep learning*, odontologi forensik

* **Correspondence:** Endah Sekar Palupi; Departemen Odontologi Forensik, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia; E-mail corresponding author: endahsekarpalupi@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Odontologi forensik merupakan cabang ilmu forensik yang menerapkan pengetahuan kedokteran gigi (anatomi, patologi, dan radiologi dental) untuk kepentingan hukum, terutama pada identifikasi individu, estimasi usia, serta evaluasi trauma orofasial dan konteks DVI (*disaster victim identification*). Pada banyak kasus bencana atau jenazah yang mengalami kerusakan jaringan lunak, gigi dan restorasi dental cenderung lebih “tahan” sehingga tetap dapat dibandingkan antara data antemortem dan postmortem. Namun, literatur terbaru juga menekankan bahwa pendekatan konvensional masih menghadapi kendala seperti subjektivitas pemeriksa, variasi populasi, keterbatasan kualitas/standarisasi citra radiograf, serta kebutuhan validasi metode digital lintas konteks dan perangkat¹.

Seiring meningkatnya volume publikasi dan topik, bibliometrik menjadi pendekatan kuantitatif yang sistematis untuk menganalisis literatur ilmiah guna memetakan pola, tren, kolaborasi, serta struktur intelektual suatu bidang. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menegaskan bahwa bibliometrik sangat berguna untuk membaca “evolusi” bidang dan mengidentifikasi area yang sedang tumbuh, terutama ketika data publikasi sudah sangat besar dan sulit ditinjau hanya dengan tinjauan naratif². Menariknya, studi bibliometrik di bidang odontologi forensik juga menunjukkan pertumbuhan output riset yang konsisten dan munculnya tren metodologis baru termasuk pemanfaatan teknologi digital dan machine learning yang menguatkan relevansi pemetaan literatur secara khusus pada irisan odontologi forensik³.

Deep learning berkembang pesat untuk analisis citra radiologi kedokteran gigi, karena mampu mempelajari fitur secara otomatis dari data gambar dan mendukung otomatisasi/peningkatan akurasi interpretasi radiograf. Kajian bibliometrik dan ulasan bidang kedokteran gigi menunjukkan lonjakan publikasi AI dan penekanan kuat pada domain radiologi serta kata kunci terkait *deep learning*. Pada ranah odontologi forensik, aplikasi *deep learning* paling menonjol meliputi estimasi usia berbasis radiograf panoramik (dengan bukti sintesis terbaru yang menilai performa model pada berbagai studi) serta pengembangan model prediksi usia otomatis dan pendekatan identifikasi individu berbasis radiograf panoramik⁴⁻⁶. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan analisis bibliometrik untuk memetakan lanskap riset *deep learning* dalam odontologi forensik yang mencakup perkembangan publikasi dari waktu ke waktu, tema/kluster riset dominan serta evolusinya melalui kata kunci dan pemetaan topik, serta area riset yang masih jarang dieksplorasi sebagai dasar rekomendasi penelitian berikutnya.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh

dari database *Scopus*. Pemilihan *Scopus* didasarkan pada proses *peer-review* yang ketat serta reputasinya sebagai basis data bereputasi internasional yang banyak digunakan dalam publikasi ilmiah di bidang odontologi, ilmu forensik, dan kecerdasan buatan. Proses pencarian data dilakukan menggunakan kata kunci yang relevan dengan topik penelitian, yaitu: (“*forensic odontology*” OR “*forensic dentistry*” OR “*dental identification*”) AND (“*deep learning*” OR “*artificial intelligence*” OR “*machine learning*”). Kriteria yang digunakan dalam pemilihan data meliputi artikel yang terindeks di *Scopus*, berbahasa Inggris, periode 2005–2025, serta memiliki keterkaitan dengan penerapan teknologi *deep learning* dalam bidang odontologi forensik. Data yang diperoleh selanjutnya diekspor dalam format CSV untuk dianalisis lebih lanjut.

Penelitian ini juga melakukan analisis *co-occurrence*, yang mana digunakan untuk menentukan kata kunci yang paling sering muncul dengan menetapkan jumlah minimal kemunculan kata kunci. Semakin kecil batas minimal kemunculan yang ditentukan, maka semakin banyak kata kunci yang akan muncul dalam hasil analisis. Kata kunci yang dianalisis difokuskan pada *Author Keywords*, kemudian disesuaikan dengan topik penelitian mengenai *deep learning* dalam odontologi forensik.

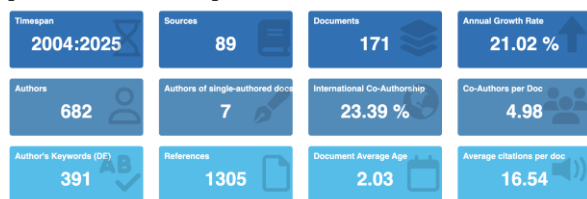
Analisis bibliometrik pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak RStudio dengan bantuan paket *bibliometrix* melalui antarmuka grafis *Biblioshiny*. Perangkat lunak ini digunakan untuk melakukan analisis bibliometrik meliputi tren publikasi, produktivitas jurnal, kontribusi negara, serta analisis kata kunci. Selain itu, *Biblioshiny* digunakan untuk melakukan eksplorasi data, pemetaan, dan pengelompokan tema penelitian berdasarkan hubungan antar kata kunci.

HASIL

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik yang dapat dilihat pada Gambar 1, diperoleh 171 dokumen yang relevan dengan topik *deep learning* dalam odontologi forensik, yang dipublikasikan pada 89 sumber jurnal selama periode 2005–2025. Jumlah penulis yang terlibat sebanyak 682 orang, dengan rata-rata 4,98 penulis per dokumen. Dari seluruh publikasi, hanya 7 dokumen yang ditulis secara tunggal, sementara sisanya merupakan hasil kolaborasi.

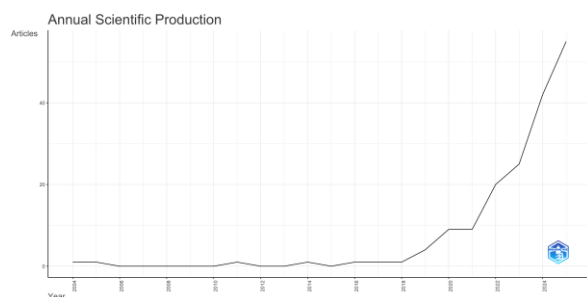
Tingkat kolaborasi internasional tercatat sebesar 23,39%, menunjukkan keterlibatan peneliti lintas negara yang cukup signifikan. Selain itu, jumlah kata kunci penulis yang digunakan mencapai 391 kata kunci, mencerminkan keragaman topik penelitian. Rata-rata usia dokumen adalah 2,03 tahun, dengan rata-rata sitasi sebesar 16,54 per dokumen, yang menandakan bahwa publikasi pada bidang ini relatif baru dan memiliki visibilitas ilmiah yang baik. Adapun tingkat pertumbuhan tahunan publikasi sebesar

21,02% menunjukkan perkembangan penelitian yang pesat dalam beberapa tahun terakhir.



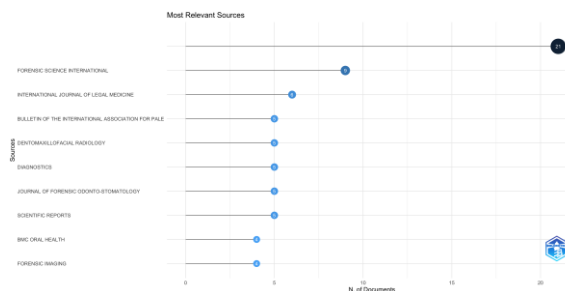
Gambar 1. Main information

Analisis tren produksi ilmiah tahunan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa publikasi terkait penerapan deep learning dalam odontologi forensik mengalami pola pertumbuhan yang meningkat secara signifikan dalam dua dekade terakhir. Pada periode awal, yaitu sekitar tahun 2005 hingga 2014, jumlah publikasi masih relatif terbatas dan cenderung stabil dengan jumlah artikel yang sangat sedikit setiap tahunnya. Periode setelah tahun 2015, mulai terlihat peningkatan jumlah publikasi yang mengalami lonjakan yang cukup tajam sejak tahun 2019. Peningkatan ini berlangsung secara konsisten hingga mencapai jumlah publikasi tertinggi pada tahun 2024-2025.



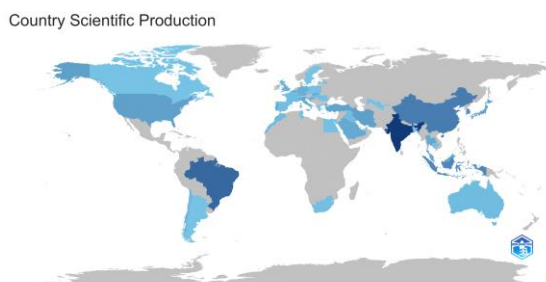
Gambar 2. Annual Scientific Production

Berdasarkan hasil analisis sumber publikasi yang dapat dilihat pada Gambar 3, jurnal Forensic Science International merupakan sumber publikasi paling dominan dalam penelitian terkait penerapan deep learning dalam odontologi forensik, dengan jumlah artikel terbanyak dibandingkan jurnal lainnya. Selain itu, jurnal International Journal of Legal Medicine dan Bulletin of the International Association for Paleodontology juga menunjukkan kontribusi yang cukup signifikan, diikuti oleh Dentomaxillofacial Radiology, Diagnostics, dan Journal of Forensic Odonto-Stomatology. Jurnal-jurnal ini mengindikasikan bahwa penelitian mengenai deep learning dalam odontologi forensik dipublikasikan secara lintas disiplin, terutama pada bidang ilmu forensik, kedokteran medikolegal, dan pencitraan radiologi.



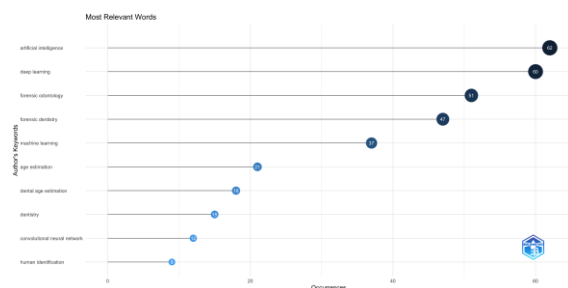
Gambar 3. Most Relevant Sources

Berdasarkan hasil analisis kontribusi negara pada Gambar 4, publikasi terkait penerapan deep learning dalam odontologi forensik menunjukkan distribusi yang luas secara global. India menjadi negara dengan kontribusi publikasi tertinggi, diikuti oleh Brasil dan Tiongkok. Selain itu, Indonesia juga tercatat sebagai salah satu kontributor utama, menandakan peran yang semakin aktif dalam penelitian odontologi forensik berbasis kecerdasan buatan. Kontribusi signifikan juga berasal dari negara-negara lain seperti Korea Selatan, Amerika Serikat, Jepang, serta beberapa negara Eropa, yang mencerminkan keterlibatan lintas kawasan dalam pengembangan penelitian ini. Sebaran publikasi yang relatif merata di berbagai wilayah dunia.



Gambar 4. Country Scientific Production

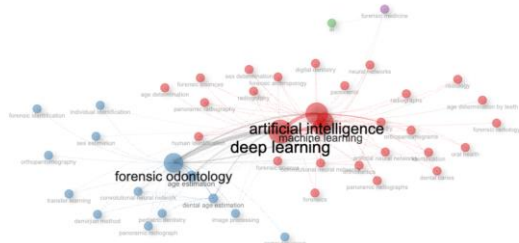
Hasil analisis most relevant words pada Gambar 5, kata kunci yang paling sering muncul dalam publikasi terkait penerapan deep learning dalam odontologi forensik adalah artificial intelligence dan deep learning, yang menunjukkan dominasi pendekatan kecerdasan buatan sebagai fondasi utama penelitian pada bidang ini. Selain itu, kata kunci forensic odontology dan forensic dentistry juga muncul dengan frekuensi tinggi, menegaskan konteks keilmuan utama dari kumpulan artikel yang dianalisis. Kata kunci lain yang cukup sering ditemukan meliputi machine learning, age estimation, dan dental age estimation.



Gambar 5. Most Relevant Words

Hasil analisis *co-occurrence network* dapat dilihat pada Gambar 6. Kata kunci *artificial intelligence* dan *deep learning* membentuk pusat jaringan dengan tingkat keterhubungan yang tinggi. Kedua kata kunci ini memiliki hubungan yang kuat dengan berbagai kata kunci lain, yang menandakan integrasi metode *deep learning* dalam beragam aplikasi odontologi forensik.

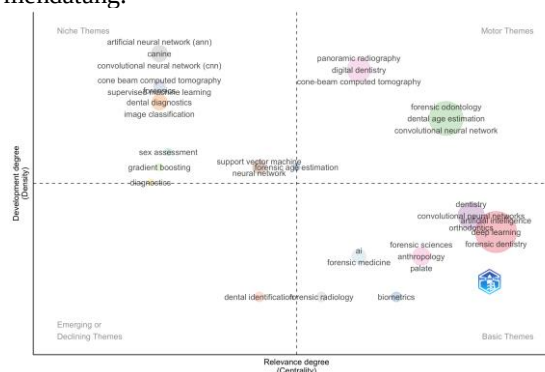
Kata kunci *forensic odontology* juga muncul sebagai simpul penting yang menghubungkan pendekatan kecerdasan buatan dengan konteks keilmuan forensik. Jaringan ini menunjukkan keterkaitan erat antara topik *forensic odontology* dengan aplikasi seperti *age estimation*, *dental age estimation*, serta teknik berbasis citra dan pembelajaran mesin, termasuk *convolutional neural network*. Pola ini mengindikasikan bahwa estimasi usia gigi dan identifikasi berbasis citra merupakan fokus utama dalam penerapan *deep learning* pada bidang ini.



Gambar 6. Co-occurrence Network

Hasil analisis *thematic map* dapat dilihat pada Gambar 7. Tema penelitian mengenai penerapan *deep learning* dalam odontologi forensik dapat dikelompokkan ke dalam empat kuadran utama, yaitu *motor themes*, *basic themes*, *niche themes*, serta *emerging or declining themes*, berdasarkan tingkat sentralitas dan densitasnya. Pada kuadran *motor themes*, terdapat tema-tema seperti *forensic odontology*, *dental age estimation*, *convolutional neural network*, serta *panoramic radiography* dan *cone-beam computed tomography*. Tema-tema ini memiliki tingkat relevansi dan perkembangan yang tinggi, menunjukkan bahwa estimasi usia gigi berbasis citra radiografi dengan pendekatan *deep learning* merupakan fokus utama dan telah berkembang dengan baik dalam bidang ini.

Kuadran *basic themes* didominasi oleh tema-tema umum seperti *deep learning*, *artificial intelligence*, dan *forensic dentistry*, yang berperan sebagai landasan konseptual utama penelitian. Tema-tema ini memiliki tingkat sentralitas yang tinggi namun densitas yang relatif lebih rendah, menandakan perannya sebagai fondasi teoritis yang mendukung berbagai topik penelitian lain. *Niche themes* mencakup tema-tema teknis dan spesifik seperti *artificial neural network*, *image classification*, *dental diagnostics*. Kuadran *emerging or declining themes* terdapat tema-tema seperti *dental identification* dan *forensic radiology*, yang berpotensi menjadi arah penelitian lanjutan atau menunjukkan perubahan fokus kajian di masa mendatang.



Gambar 7. Thematic Map

PEMBAHASAN

Hasil main information menunjukkan bahwa penelitian mengenai *deep learning* dalam odontologi forensik relatif baru tetapi tumbuh cepat, sebagaimana ditunjukkan oleh 171 dokumen dari 89 sumber selama rentang 2005–2025. Kecenderungan produksi ilmiah yang meningkat mencerminkan pergeseran metodologis menuju penggunaan teknologi modern khususnya machine learning dan deep learning dalam analisis citra gigi. Hal ini sejalan dengan bukti literatur bahwa AI sedang menjadi pendorong utama perubahan metodologis di bidang forensik, memperluas kemampuan diagnostik dan prediktif dibandingkan teknik konvensional seperti Demirjian atau Willems yang bergantung pada penilaian manual^{3,7}. Selain itu, dilihat dari angka publikasi yang meningkat, *AI-driven dental age estimation* terbukti memiliki akurasi tinggi dengan *error* lebih kecil dan *reproducibility* yang lebih baik dibandingkan metode konvensional, sehingga lebih menarik untuk diteliti⁴.

Penelitian terkait *deep learning* dalam odontologi forensik menunjukkan pola perkembangan yang sangat kontras antara fase awal dan fase akhir. Pada periode 2005 hingga 2018, jumlah publikasi per tahun relatif sangat rendah, dengan produksi berkisar antara 0 hingga 1 artikel per tahun. Pola ini menunjukkan bahwa penerapan *deep learning* dalam odontologi forensik pada tahap awal masih bersifat terbatas dan belum menjadi pendekatan metodologis yang dominan

dimana pada periode tersebut masih berada pada tahap awal adopsi teknologi.

Perubahan tren mulai terlihat pada tahun 2019, ketika jumlah publikasi meningkat menjadi 4 artikel, kemudian meningkat lebih lanjut pada tahun 2020 dan 2021 dengan masing-masing 9 artikel. Fase ini dapat dipandang sebagai periode awal adopsi yang lebih luas terhadap pendekatan kecerdasan buatan dalam riset kedokteran gigi dan forensik. Peningkatan ini berkaitan erat dengan berkembangnya algoritma *deep learning* serta meningkatnya ketersediaan data citra digital gigi, yang secara umum mulai banyak dimanfaatkan dalam penelitian kedokteran gigi modern.

Kenaikan paling signifikan terjadi pada periode 2022–2025, di mana jumlah publikasi meningkat secara drastis dari 20 artikel pada tahun 2022 menjadi 25 artikel pada tahun 2023, lalu melonjak tajam pada tahun 2024 (42 artikel) dan mencapai puncaknya pada tahun 2025 dengan 55 artikel. Pola pertumbuhan yang sangat cepat ini menunjukkan bahwa *deep learning* telah berkembang dari pendekatan eksperimental menjadi metode yang semakin mapan dan diterima luas dalam penelitian odontologi forensik. Temuan ini menguatkan posisi kecerdasan buatan sebagai salah satu pendorong utama transformasi metodologis dalam penelitian kedokteran gigi dan odontologi forensik modern⁸.

Distribusi kontribusi negara menunjukkan dominasi negara-negara Asia seperti India dan China, diikuti oleh beberapa negara Eropa dan Amerika. Pola ini konsisten dengan bibliometrik global dalam penelitian teknologi AI medis, di mana Asia serta Eropa sering berada pada posisi teratas dalam publikasi berbasis teknologi medis dan forensik. Tingginya kontribusi dari berbagai negara juga menunjukkan kolaborasi lintas wilayah dalam mengembangkan solusi AI untuk aplikasi forensik yang kompleks⁹.

Berdasarkan visualisasi *most relevant words*, kata kunci yang paling dominan adalah *artificial intelligence* dan *deep learning*, diikuti *forensic odontology/forensic dentistry* serta istilah metodologis seperti *machine learning* dan *convolutional neural networks*, sementara kata kunci aplikatif seperti *age estimation/dental age estimation* dan *human identification* menunjukkan fokus penerapan utamanya pada estimasi usia dan identifikasi individu berbasis citra radiografis; pola ini sejalan dengan literatur 5 tahun terakhir yang menegaskan bahwa AI makin banyak dipakai untuk mengotomasi ekstraksi fitur dari radiograf gigi, meningkatkan efisiensi kerja, dan mendukung keputusan ahli forensik¹⁰. Bukti penelitian sebelumnya mengenai domain estimasi usia juga kuat yang mana melaporkan teknik AI pada radiograf panoramik secara bermakna menurunkan galat dibanding pendekatan manual, meski masih ada heterogenitas dan kebutuhan standarisasi/validasi lintas populasi¹¹. Penelitian sebelumnya juga

menunjukkan performa *deep learning* dengan *pooled MAE* ~1,75 tahun, menandakan potensinya sebagai alat bantu skala besar namun tetap menuntut kualitas dataset dan evaluasi risiko bias¹². Sementara itu, untuk human identification, menunjukkan pendekatan *deep learning* pada radiograf panoramik dapat membantu memperkecil kandidat antemortem secara efektif dalam proses identifikasi⁶. Penelitian terbaru juga menekankan isu penting seperti bias demografis, keterjelasan model, dan implikasi legal agar hasil AI dapat dipertanggungjawabkan di konteks medikolegal⁷.

Pada *co-occurrence network*, terlihat dua “poros” besar. Klaster pertama yaitu metodologis yang berpusat pada *artificial intelligence–deep learning*, dan klaster kedua yaitu aplikatif *forensic odontology* yang menaut ke kata kunci seperti (*dental*) *age estimation*, *human/individual identification*, serta sumber data radiologi gigi seperti *panoramic*, *radiography/orthopantomogram*, dan CBCT. Pola ko-okurensi seperti ini konsisten dengan arah riset 5 tahun terakhir yang mana *deep learning* menjadi metode dominan untuk mengekstraksi fitur otomatis dari radiograf gigi guna mendukung estimasi usia dan identifikasi¹⁰.

Analisis peta tematik dalam penelitian ini memetakan struktur intelektual melalui dua dimensi utama: sumbu-X (sentralitas) yang merepresentasikan relevansi atau urgensi suatu tema terhadap bidang secara keseluruhan, dan sumbu-Y (densitas) yang menggambarkan tingkat kematangan serta kohesi internal suatu tema. Berdasarkan pemetaan tersebut, kuadran *motor themes* (kanan-atas) muncul sebagai ranah yang paling sentral sekaligus matang, didominasi oleh topik radiografi panoramik, digital dentistry, CBCT, serta klaster odontologi forensik dan estimasi usia dental¹³. Bukti literatur dalam lima tahun terakhir memperkuat posisi ini melalui tinjauan sistematis dan meta-analisis yang dilaporkan bahwa implementasi *deep learning* pada citra panoramik memiliki performa yang menjanjikan dengan nilai *Mean Absolute Error (MAE)* sekitar 1,75 tahun, meskipun validasi eksternal tetap menjadi prasyarat untuk memitigasi risiko bias secara metodologis. Selain itu, pengembangan *deep learning* untuk identifikasi manusia berbasis perbandingan radiograf panoramik antemortem dan postmortem menunjukkan jalur aplikasi yang semakin solid dan terintegrasi dengan klaster utama kecerdasan buatan^{11,12}.

Kuadran *basic themes* memayungi topik kedokteran gigi secara umum, serta domain *deep learning* dan kedokteran gigi forensik yang berfungsi sebagai landasan konseptual. Meskipun menjadi “payung besar” yang mengikat banyak topik, klaster ini memiliki densitas yang lebih rendah karena sifatnya yang masih bersifat umum dan cenderung terfragmentasi seperti diagnosis, segmentasi, maupun estimasi usia^{14,15}. Sementara itu, *Niche Themes* (kiri-

atas) yang mencakup ANN, klasifikasi citra, dan diagnostik dental, merepresentasikan sub-ranah teknis yang telah matang secara internal namun memiliki koneksi eksternal yang terbatas. Hal ini mengartikan bahwa penelitian mengenai deteksi dan segmentasi gigi berperan sebagai pendukung teknis⁵. Pada *Emerging or Declining Themes* seperti radiologi forensik dan dimorfisme seksual dental diproyeksikan sebagai potensi gelombang riset berikutnya, dengan catatan bahwa area ini memerlukan standarisasi protokol untuk dapat berkembang menjadi tema yang lebih mapan^{12,16}.

KESIMPULAN

Kesimpulan analisis bibliometrik periode 2005–2025, riset deep learning dalam odontologi forensik menunjukkan karakteristik bidang yang relatif baru namun berkembang sangat pesat, tercermin dari 171 dokumen pada 89 jurnal dengan laju pertumbuhan tahunan 21,02%, pola publikasi yang meningkat tajam sejak 2019 hingga puncak pada 2024–2025, serta dominasi karya kolaboratif dengan keterlibatan internasional 23,39%. Lanskap publikasi juga memperlihatkan bahwa sumber-sumber utama berasal dari jurnal forensik, medikolegal, dan radiologi dental dan kontribusi negara India, Brasil, dan Tiongkok sebagai kontributor teratas. Secara tematik, kata kunci dan jaringan ko-okurensi menegaskan *artificial intelligence*, *deep learning* sebagai pusat metodologis yang kuat dan terintegrasi dengan aplikasi utama berupa estimasi usia gigi serta identifikasi individu berbasis citra radiografi (panoramik/CBCT), dengan peta tematik menunjukkan *motor themes* yang matang pada kluster radiografi, CNN, *dental age estimation* dan *basic themes* yang menjadi fondasi konseptual bidang. Temuan ini mengindikasikan bahwa *deep learning* telah bergeser dari pendekatan eksperimental dan perlu menekankan validasi eksternal lintas populasi, standarisasi data dan protokol, serta aspek interpretabilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Guzman EJT, De Ungria MCA. Barriers to human remains identification using forensic odontology in resource-constrained settings. Vol. 10, Forensic Science International: Synergy. Elsevier B.V.; 2025.
- Passas I. Bibliometric Analysis: The Main Steps. Encyclopedia. 2024 Jun 1;4(2):0.
- Angelakopoulos N, Boedi RM. Forensic Odontology Publications: Insights Into Research Trajectories And Emerging Trends Through Bibliometric Study. Vol. 78, Journal of Stomatology. Termedia Publishing House Ltd.; 2025. p. 64–74.
- Yilmaz E, Görürgöz C, Kış HC, Canger EM, Öztaş B. Forensic Dental Age Estimation With Deep Learning: A Modified Xception Model for Panoramic X-Ray Images. Forensic Sci Med Pathol. 2025 Jun 1;21(2):565–79.
- Bonfanti-Gris M, Herrera A, Salido Rodríguez-Manzanique MP, Martínez-Rus F, Pradiés G. Deep Learning for Tooth Detection and Segmentation in Panoramic Radiographs: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 25, BMC Oral Health. BioMed Central Ltd; 2025.
- Choi HR, Siadari TS, Ko DY, Kim JE, Huh KH, Yi WJ, et al. Can Deep Learning Identify Humans by Automatically Constructing A Database with Dental Panoramic Radiographs? PLoS One. 2024 Oct 1;19(10 October).
- Chopra A, Gupta A, Aggarwal N. Artificial Intelligence in Dental Age Estimation- Applications, Technological Advances and Legal Aspects: A Narrative Review. J Oral Biol Craniofac Res. 2025 Nov 1;15(6):1534–8.
- Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. J Dent Res. 2020 Jul 1;99(7):769–74.
- Shirani M. Trends and Classification of Artificial Intelligence Models Utilized in Dentistry: A Bibliometric Study. Cureus. 2025 Apr 7;
- Vodanović M, Subašić M, Milošević DP, Galić I, Brkić H. Artificial Intelligence in Forensic Medicine and Forensic Dentistry. J Forensic Odontostomatol [Internet]. 2023 Aug 27;41(2):30–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/37634174>
- Niño-Sandoval TC, Doria-Martinez AM, Escobar RAV, Sánchez EL, Rojas IB, Álvarez LCV, et al. Efficacy of The Methods of Age Determination Using Artificial Intelligence in Panoramic Radiographs A Systematic Review. Vol. 138, International Journal of Legal Medicine. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2024. p. 1459–96.
- Rokhshad R, Nasiri F, Saberi N, Shoorgashti R, Ehsani SS, Nasiri Z, et al. Deep Learning for Age Estimation From Panoramic Radiographs: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 154, Journal of Dentistry. Elsevier Ltd; 2025.
- Maulidiya D, Nugroho B, Santoso HB, Hasibuan ZA. Thematic Evolution of Smart Learning Environments, Insights And Directions From A 20-Year Research Milestones: A Bibliometric Analysis. Vol. 10, Heliyon. Elsevier Ltd; 2024.
- Shirani M. Trends and Classification of Artificial Intelligence Models Utilized in Dentistry: A Bibliometric Study. Cureus. 2025 Apr 7;
- Allani H, Santos AT, Ribeiro-Vidal H. Multidisciplinary Applications of AI in Dentistry: Bibliometric Review. Vol. 14, Applied Sciences (Switzerland). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
- Shahbazi S, Esmaeili S, Kavousinejad S, Younessian F, Behnaz M. Efficacy if Artificial Intelligence in Radiographic Dental Age Estimation of Patients Undergoing Dental Maturation: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 23, International Orthodontics. Elsevier Masson s.r.l.; 2025.