



ANALISIS KINERJA KECERDASAN BUATAN DALAM DETEKSI KARIES GIGI PADA BERBAGAI MODALITAS PENCITRAAN: *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Ni Luh Putu Sri Widani

Program Studi Magister Administrasi Rumah Sakit, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Lt 3 Gedung Siti Walidah, Kampus Terpadu UMY, Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia
s.widani@yahoo.co.id

ABSTRAK

Karies gigi merupakan salah satu masalah kesehatan gigi dan mulut yang paling umum terjadi di dunia. Deteksi dini karies sangat penting untuk mencegah progresivitas penyakit dan kerusakan jaringan gigi yang lebih lanjut. Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), khususnya pembelajaran mendalam, telah dimanfaatkan sebagai alat bantu diagnostik dalam mendeteksi karies melalui berbagai modalitas pencitraan dental. Tujuan untuk menganalisis kinerja kecerdasan buatan dalam mendeteksi karies gigi pada berbagai modalitas pencitraan melalui tinjauan literatur sistematis. Penelitian ini menggunakan metode systematic literature review dengan menelaah artikel penelitian yang dipublikasikan pada beberapa basis data ilmiah. Kriteria inklusi mencakup penelitian yang menggunakan teknologi kecerdasan buatan untuk mendeteksi karies gigi berdasarkan berbagai jenis pencitraan dental. Dari 253 total referensi, sebanyak 10 artikel penelitian yang memenuhi kriteria dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi performa model AI berdasarkan indikator seperti akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan area under curve (AUC). Tingkat akurasi yang dilaporkan pada berbagai penelitian berkisar antara 80% hingga lebih dari 95%, dengan sensitivitas dan spesifisitas yang juga relatif tinggi. Kinerja model dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis modalitas pencitraan, ukuran dataset, serta karakteristik lesi karies yang dianalisis. Kecerdasan buatan menunjukkan potensi yang besar sebagai alat bantu diagnostik dalam deteksi karies gigi pada berbagai modalitas pencitraan dental.

Kata kunci: deteksi karies; karies gigi; kecerdasan buatan; pencitraan dental; systematic literature review

ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE PERFORMANCE IN DENTAL CARIES DETECTION ON VARIOUS IMAGING MODALITIES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Dental caries is one of the most common oral health problems worldwide. Early detection of caries is crucial to prevent disease progression and further damage to tooth tissue. The development of artificial intelligence (AI), particularly deep learning, has been utilized as a diagnostic tool in detecting caries through various dental imaging modalities. Objective: To analyze the performance of artificial intelligence in detecting dental caries using various imaging modalities through a systematic literature review. This study employed a systematic literature review method by examining research articles published in several scientific databases. Inclusion criteria included studies that used artificial intelligence technology to detect dental caries based on various types of dental imaging. Of the 253 total references, 10 research articles that met the criteria were analyzed descriptively to evaluate the performance of the AI model based on indicators such as accuracy, sensitivity, specificity, and area under the curve (AUC). The accuracy levels reported in various studies ranged from 80% to more than 95%, with relatively high sensitivity and specificity. Model performance is influenced by several factors, such as the type of imaging modality, dataset size, and the characteristics of the caries lesions analyzed. Artificial intelligence shows great potential as a diagnostic tool in detecting dental caries using various dental imaging modalities.

Keywords: caries detection; dental caries; artificial intelligence; dental imaging, systematic literature review

PENDAHULUAN

Karies gigi adalah penyakit kronis dan menular yang mengakibatkan kerusakan lokal atau demineralisasi jaringan keras gigi yang disebabkan oleh asam yang dilepaskan dari fermentasi bakteri karbohidrat dalam makanan (Selwitz et al., 2007). Karies gigi termasuk salah satu masalah kesehatan gigi dan mulut yang paling umum terjadi di seluruh dunia dan masih menjadi beban kesehatan masyarakat yang signifikan. Karies gigi juga disebut penyakit multifaktorial yang mana dalam banyak kasus, tidak terdiagnosis, terutama ketika bersifat interproximal atau pada tahap awal. Faktor risiko karies gigi meliputi jumlah bakteri kariogenik yang tinggi, konsumsi gula yang sering, aliran saliva yang tidak memadai, paparan fluoride yang tidak mencukupi, kebersihan mulut yang buruk (Tinanoff, 2019).

Organisasi Kesehatan Dunia melaporkan bahwa sebagian besar populasi global pernah mengalami karies gigi pada gigi permanen maupun gigi sulung. Deteksi dini karies sangat penting untuk mencegah progresivitas penyakit yang dapat menyebabkan kerusakan jaringan gigi yang lebih luas, nyeri, hingga kehilangan gigi. Namun demikian, diagnosis karies secara klinis maupun melalui pemeriksaan radiografis masih memiliki keterbatasan, seperti subjektivitas penilaian, variasi pengalaman klinisi, serta keterbatasan dalam mengidentifikasi lesi karies pada tahap awal. Deteksi dini dan akurat lesi karies (CL) dapat mengarah pada tindakan pencegahan dan konservatif yang lebih baik, sehingga mengurangi biaya perawatan kesehatan (Dayo et al., 2021). Banyak tes diagnostik telah dikembangkan untuk mendeteksi penyakit ini. Praktisi kedokteran gigi disarankan untuk menggunakan kombinasi beberapa tes diagnostik untuk mendapatkan hasil yang akurat, sehingga memungkinkan perencanaan perawatan yang efisien (Ghodasra & Brizuela, 2025).

Perkembangan teknologi digital dalam bidang kedokteran gigi telah membuka peluang pemanfaatan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) sebagai alat bantu diagnostik. Teknologi ini, khususnya yang berbasis machine learning dan deep learning, mampu menganalisis citra radiografi gigi secara otomatis untuk mendeteksi adanya lesi karies dengan tingkat akurasi yang tinggi. Berbagai penelitian telah mengembangkan model kecerdasan buatan untuk menganalisis beberapa jenis modalitas pencitraan dental, seperti radiografi bitewing, periapikal, panoramic, maupun cone beam computed tomography (CBCT). Pemanfaatan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan ketepatan diagnosis, mempercepat proses interpretasi citra, serta mendukung pengambilan keputusan klinis oleh dokter gigi.

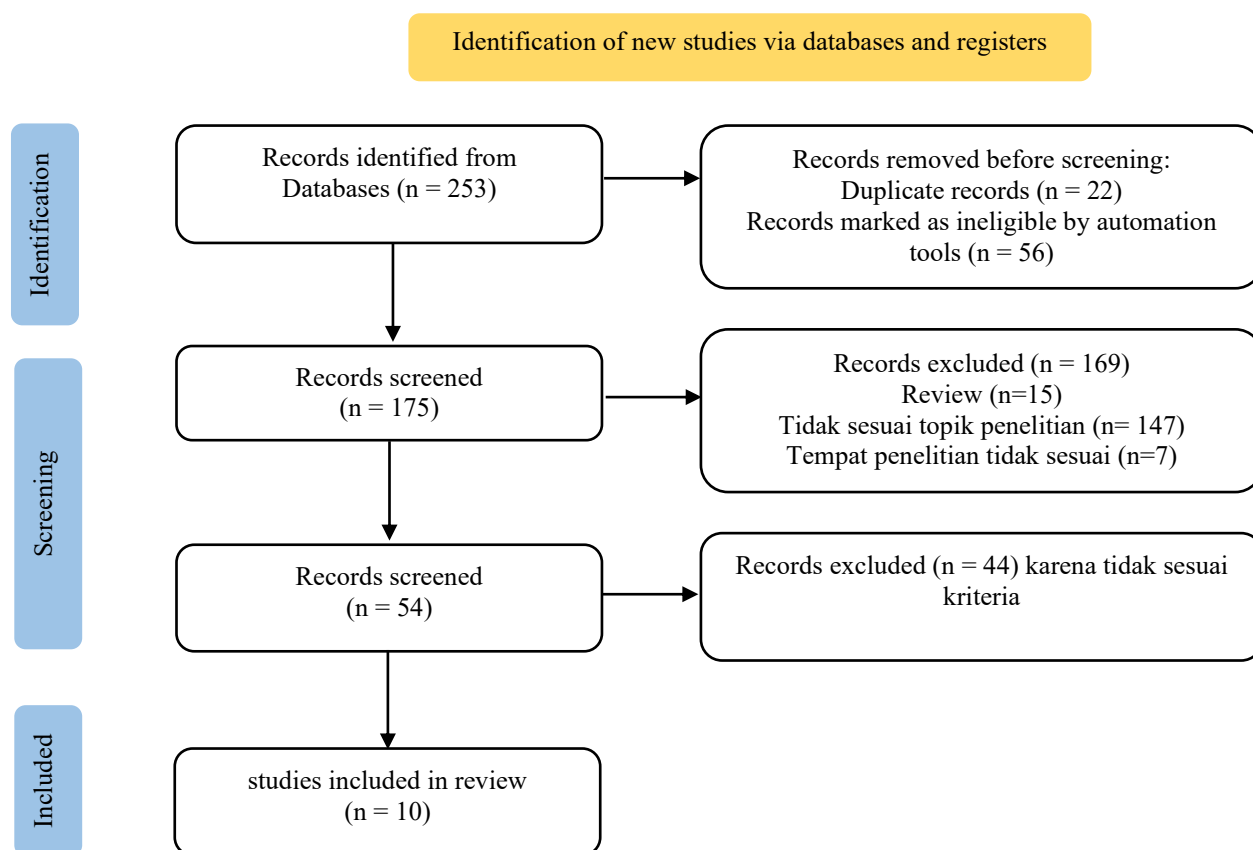
Teknologi dan alat kesehatan digital menawarkan prospek yang sangat baik untuk meningkatkan diagnosis masalah mulut. Salah satu teknologi tersebut, yang dikenal sebagai kecerdasan buatan (AI), baru-baru ini menjadi pusat penelitian dan tren yang muncul dalam perawatan klinis (Sapna et al., 2024) dengan potensi untuk implementasi di bidang pelayanan gigi (Mertens et al., 2021; Schwendicke et al., 2022). Meskipun beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa AI bermanfaat, penggunaannya belum terintegrasi ke dalam perawatan gigi standar, dan bidang ini masih dalam tahap awal. Selain itu hasil penelitian terkait kinerja kecerdasan buatan dalam mendeteksi karies gigi masih menunjukkan variasi yang cukup besar, terutama terkait tingkat akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas pada berbagai modalitas pencitraan. Perbedaan metode algoritma, kualitas dataset, serta jenis pencitraan yang digunakan dapat memengaruhi performa sistem kecerdasan buatan dalam proses deteksi karies. Oleh karena itu, diperlukan kajian komprehensif yang mampu merangkum dan menganalisis berbagai temuan penelitian sebelumnya mengenai kinerja kecerdasan buatan pada berbagai modalitas pencitraan dental.

Berdasarkan hal tersebut, tinjauan literatur sistematis diperlukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta mensintesis bukti ilmiah yang tersedia terkait performa kecerdasan buatan dalam mendeteksi karies gigi. Maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja kecerdasan buatan dalam mendeteksi karies gigi berdasarkan berbagai modalitas pencitraan dental

melalui tinjauan literatur sistematis, serta mengidentifikasi tingkat akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas yang dilaporkan dalam berbagai penelitian yang telah dipublikasikan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan performa kecerdasan buatan pada berbagai jenis modalitas pencitraan dental serta memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan sebagai alat bantu diagnostik dalam deteksi karies gigi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian yang relevan secara sistematis. Penelitian dimulai dengan seleksi Artikel mencari *peer-reviewed journals* mengenai peran *artificial intelegent* (AI) mendeteksi dan mengklasifikasikan karies gigi pada berbagai modalitas pencitraan. Pencarian ini dilakukan di berbagai database seperti google scholar, scopus, pubmed. Kata kunci disusun untuk memastikan bahwa pencarian jurnal sesuai dengan pertanyaan penelitian. Operator Boolean digunakan dalam pencarian tersebut yaitu : *Caries detection AND intraoral images AND artificial intelligence*. Kerangka waktu tinjauan ditetapkan antara tahun 2016 dan 2026, rentang waktu ini sangat lama mengingat AI berkembang sangat pesat di mulai tahun 2000 dimana era big data memungkinkan *machine learning* dan *deep learning* berkembang pesat.



Kriteria inklusi dari penelitian ini adalah 1) studi empiris, 2) berfokus pada pengembangan AI dengan fokus pada karies gigi 3) berbahasa inggris 4) *peer – reviewed journals* 6) diterbitkan mulai 2016 – 2026 5) artikel *full text*. Kriteria eksklusi dari penelitian ini adalah 1) proses layanan poli gigi secara tradisional 2) tempat penelitian selain rumah sakit atau sektor kesehatan 3) Merupakan opini atau komentar tanpa dasar empiris atau teoritis 4) artikel review. Langkah berikutnya adalah proses skrining. Skrining dilakukan berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses* (PRISMA) untuk mempermudah memastikan transparansi dan replikasi selama pemilihan artikel. Secara keseluruhan, hasil pada keempat basis data utama menghasilkan 253 total referensi. Jumlah yang memenuhi syarat untuk menjalani penyaringan judul dan abstrak adalah 223 setelah penghapusan duplikat sebanyak 22 referensi. Untuk menyelesaikan fase skrining

pada tahap pertama, 169 artikel dieliminasi. Kriteria untuk pengecualian adalah jurnal review, dan tidak berhubungan dengan pelayanan di poli gigi, dengan demikian, 54 artikel dipilih untuk ditinjau secara lengkap. Kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebelum penyaringan digunakan untuk menyaring seluruh teks artikel selama fase penyaringan kedua. Studi tidak dapat dipertimbangkan jika tidak memiliki temuan empiris dan diperlukan full text. Secara keseluruhan, 44 studi dikecualikan selama tahap ini. Dengan demikian, 10 studi dimasukkan dalam sintesis akhir karena memenuhi kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Berikut alur proses pemilihan jurnal yang disajikan dalam diagram PRISMA

HASIL

Setelah melalui identifikasi dan proses skrining, teridentifikasi sepuluh artikel yang relevan dengan tujuan penelitian, sebagai berikut:

Tabel 1.
 Analisis Artikel

Penulis	Tujuan	Metode Penelitian	Sample Size	Temuan	Kesimpulan
(Zeng et al., 2025)	Mengembangkan alur kerja multi-tahap berbasis pembelajaran mendalam dari algoritma kecerdasan buatan yang melokalisasi gigi individu dan mengklasifikasikan setiap gigi ke dalam beberapa kelas karies	Clinical trial	50.179 foto gigi intraoral	Sensitivitas dan spesifisitas untuk gigi anterior, sensitivitas 89,78% dan spesifisitas 91,67% untuk level 1 (bintik putih), dan sensitivitas 97,06% dan spesifisitas 99,79% untuk level 2 (lesi berlubang) masing-masing tercapai. Untuk gigi posterior yang lebih menantang karena variabilitas yang lebih tinggi dalam lokasi bintik putih, sensitivitas 90,25% dan spesifisitas 86,96% untuk level 1 (bintik putih), dan sensitivitas 95,8% dan spesifisitas 94,12% untuk level 2 (lesi berlubang)	Kinerja sistem divalidasi di berbagai spektrum foto gigi anterior dan posterior dengan sensitivitas dan spesifisitas lebih dari 85%. Kinerja algoritma AI yang dikembangkan menunjukkan potensi sebagai alat yang hemat biaya untuk deteksi karies dini di lingkungan nonklinis
(Ahmed et al., 2025)	Mengembangkan dan mengevaluasi kinerja model AI untuk deteksi karies dengan mengintegrasikan pemindaian intraoral gigi permanen dengan metode pemeriksaan klinis diagnostik tradisional untuk meningkatkan kinerja diagnostik dan mengurangi subjektivitas	Clinical trial	66 intraoral scans	Model ini mencapai skor IoU rata-rata 0,78, menunjukkan tingkat tumpang tindih dan akurasi yang tinggi dalam deteksi karies. Skor F sebesar 0,85 menunjukkan keseimbangan yang kuat antara akurasi dan recall. Dengan sensitivitas 91% dan spesifisitas 88%, model ini secara efektif mengidentifikasi 91% karies. Akurasi keseluruhannya sebesar 89,5% menggarisbawahi keberhasilannya dalam mendeteksi karies di seluruh pemindaian intraoral	Penggunaan AI yang dikombinasikan dengan metode diagnostik konvensional dapat meningkatkan akurasi deteksi karies, membantu perencanaan dan pengambilan keputusan perawatan yang sukses, serta menghasilkan hasil yang lebih baik
(Jones et al.,	Mendemonstrasikan		332	model ini memiliki kinerja	Model AI dapat

Penulis	Tujuan	Metode Penelitian	Sample Size	Temuan	Kesimpulan
2025)	penggunaan pembelajaran mendalam untuk mengotomatisasi deteksi karies menggunakan data pemindaian intraoral dari anak-anak dan untuk mengevaluasi kesepakatan diagnostik antara prediksi model dan penilaian praktisi gigi pada model 3D		partisipan	terbaik untuk karies ekstensif (SE 71%, P 66%, IOU 0,55). Model ini menunjukkan kinerja keseluruhan yang menjanjikan untuk deteksi lesi (SE 67%, P 73%). Kinerja sedikit menurun pada dataset eksternal. Kesepakatan diagnostik antara model dan praktisi gigi sebanding di semua ambang batas penyakit: awal (rasio odds OR 0,82, Interval Kepercayaan 95% (CI) 0,6–1,15), sedang (OR 0,9, 95% CI 0,5–1,6) dan ekstensif (OR 0,85, 95% CI 0,42–1,71)	mencapai kinerja moderat dalam mendeteksi karies ekstensif dari pemindaian intraoral, meskipun kinerjanya terbatas untuk lesi awal dan sedang
(Yoon et al., 2024)	Mengintegrasikan pengenalan jumlah gigi dan deteksi karies pada gambar fotografi intraoral lengkap menggunakan model jaringan saraf konvolusional dalam berbasis wilayah kaskade (R-CNN) untuk memfasilitasi penerapan praktis deteksi karies otomatis berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam praktik klinis	Clinical trial	24,578 gambar	Untuk pengenalan nomor gigi, model tersebut mencapai skor mean average precision (mAP) rata-rata sebesar 0,880. Dalam tugas deteksi karies gigi, skor mAP rata-rata model adalah 0,769, dengan skor individual berkisar dari 0,695 hingga 0,893	Tujuan utama pengintegrasian pengenalan nomor gigi dan deteksi karies dalam gambar fotografi intraoral lengkap telah tercapai oleh model pembelajaran mendalam. Pelatihan model pada kumpulan data intraoral yang komprehensif telah menunjukkan potensinya untuk aplikasi klinis yang lancar
(Szabó et al., 2024)	Menilai keandalan sistem berbasis AI yang membantu proses perawatan kesehatan dalam diagnosis karies pada radiografi intraoral	Clinical trial	323 gigi	Nilai sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi diagnostik berkisar antara 0,51–0,76, 0,88–0,97, dan 0,76–0,86, berturut-turut	Berdasarkan kesepakatan antara pengamat manusia dan CNN, serta nilai sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi diagnostik yang sejalan dengan temuan literatur ilmiah, dapat disimpulkan bahwa DC berpotensi

Penulis	Tujuan	Metode Penelitian	Sample Size	Temuan	Kesimpulan
					untuk secara signifikan membantu dokter gigi dalam mendiagnosis karies dan meningkatkan efisiensi kerja mereka
(Zhang et al., 2024)	Mengevaluasi nilai praktis pengintegrasian model diagnostik AI ke dalam praktik klinis untuk deteksi karies menggunakan citra intraoral.	Clinical trial	4,361 gigi dari 191 pasien	Akurasi deteksi karies dengan bantuan AI adalah 93,40%. Sensitivitas dan spesifisitas masing-masing adalah 81,31% (95% CI 78,22%-84,06%) dan 95,65% (95% CI 94,94%-96,26%). NPV dan PPV masing-masing adalah 96,49% (95% CI 95,84%-97,04%) dan 77,68% (95% CI 74,49%-80,58%). Akurasi diagnostik bervariasi tergantung pada posisi gigi dan jenis karies, dengan akurasi tertinggi pada gigi anterior (96,04%) dan sensitivitas terendah untuk karies interproximal pada gigi anterior dan karies bukal pada gigi premolar (sekitar 10%)	Alat deteksi karies berbantuan AI menunjukkan potensi untuk aplikasi klinis, dengan akurasi dan spesifisitas keseluruhan yang tinggi. Namun, sensitivitasnya sangat bervariasi tergantung pada posisi gigi dan jenis karies, menunjukkan perlunya perbaikan lebih lanjut.
(Schwarzmaier et al., 2024)	Memvalidasi eksternal model berbasis AI untuk mendeteksi karies gigi pada anak PAUD	Clinical trial	143 foto anonim gigi susu anterior	Akurasi deteksi ECC adalah 97,2%. Kinerja diagnostik bervariasi antara kelas lesi karies (lesi non-kavitas, transparansi keabuan/mikrokavitas, kavitas, gigi yang rusak), dengan akurasi berkisar dari 88,9% hingga 98,1%, sensitivitas berkisar dari 68,8% hingga 98,5% dan spesifisitas berkisar dari 86,1% hingga 99,4%. Area di bawah kurva berkisar dari 0,834 hingga 0,964	model AI secara efektif mendeteksi karies dan mengenali nomor gigi pada gambar fotografi intraoral. Model kami, yang dilatih pada gambar intraoral lengkap, siap untuk integrasi klinis yang efektif
(Kühnisch et al., 2022)	Mengembangkan pendekatan pembelajaran mendalam dengan jaringan saraf konvolusional (CNN) untuk deteksi dan kategorisasi karies (metode pengujian)	Clinical trial	2.417 foto anonim dari gigi permanen	CNN mampu mengklasifikasikan karies dengan benar pada 92,5% gambar ketika semua gambar yang disertakan dipertimbangkan. Untuk deteksi kavitas terkait karies, 93,3% dari semua permukaan gigi dapat diklasifikasikan dengan	dimungkinkan untuk mencapai kesepakatan lebih dari 90% dalam kondisi ideal dalam deteksi karies menggunakan foto intraoral dengan CNN

Penulis	Tujuan	Metode Penelitian	Sample Size	Temuan	Kesimpulan
	dan untuk membandingkan kinerja diagnostik dengan standar ahli			benar. Selain itu, kinerja diagnostik dihitung untuk setiap kelas karies ditunjukkan bahwa akurasi ditemukan paling tinggi untuk permukaan bebas karies (akurasi 90,6%), diikuti oleh lesi karies tanpa kavitasi (85,2%) dan lesi karies dengan kavitasi (79,5%).	terlatih.
(Park et al., 2022)	Mengevaluasi algoritma pembelajaran mendalam untuk deteksi karies melalui segmentasi permukaan gigi menggunakan gambar	<i>Randomized Clinical trial</i>	2. 348 intraoral photographic dari 445 partisipan	Igoritma klasifikasi citra karies, akurasi dan area di bawah kurva karakteristik operasi penerima (AUC) ditingkatkan menjadi 0,813 dan 0,837 dari 0,758 hingga 0,731, masing-masing, melalui segmentasi permukaan gigi menggunakan CNN. Algoritma lokalisasi lesi karies setelah segmentasi area gigi juga menunjukkan peningkatan kinerja. Sensitivitas dan presisi rata-rata meningkat dari 0,890 hingga 0,889 menjadi 0,865 dan 0,868, masing-masing	Model AI dengan segmentasi permukaan gigi menjanjikan untuk deteksi karies pada gambar fotografi dari kamera intraoral. Ini dapat menjadi metode diagnostik tambahan untuk karies dengan keunggulan penghematan waktu dan biaya
(Mertens et al., 2021)	Menilai dampak perangkat lunak pendukung diagnostik berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk deteksi karies proksimal pada radiografi bitewing	<i>cluster-randomized cross-over controlled trial</i>	22 dokter gigi, 140 bitewings,	Dokter gigi dengan AI menunjukkan rata-rata (95% CI) area di bawah kurva Receiver-Operating-Characteristics (ROC) yang secara signifikan lebih tinggi (0,89; 0,87–0,90) dibandingkan dengan mereka yang tanpa AI (0,85; 0,83–0,86; $p<0,05$), terutama karena sensitivitas mereka secara signifikan lebih tinggi (0,81; 0,74–0,87) dibandingkan dengan 0,72; 0,64–0,79; $p<0,05$) sementara spesifisitas tidak terpengaruh secara signifikan ($p>0,05$). Peningkatan sensitivitas ini ditemukan pada enamel, tetapi tidak pada lesi dentin stadium awal atau lanjut. Sensitivitas yang lebih tinggi disertai dengan peningkatan keputusan perawatan non-invasif, tetapi juga invasif ($p<0,05$)	AI dapat meningkatkan akurasi diagnosis dokter gigi, tetapi juga dapat meningkatkan keputusan perawatan invasif.

Berdasarkan penelitian sistematis yang dilakukan terhadap sepuluh penelitian yang terpilih, Seluruh penelitian yang ditinjau menggunakan desain uji klinis dengan skala kuantitatif untuk mengembangkan dan mengevaluasi kinerja model AI. Variasi ukuran sampel sangat luas, mulai dari 66 pemindaian intraoral pada studi Ahmed et al. (2025) hingga 50.179 foto gigi pada studi Zeng dkk. (2025), merupakan bahwa jumlah data yang diperlukan untuk pengembangan model yang kuat. Dalam hal modalitas pencitraan, fotografi intraoral menyumbang 60% (6 penelitian), diikuti oleh radiografi intraoral (20%) dan pemindaian 3D intraoral (20%). Mode operasi ini mengurangi kesempatan para peneliti untuk mengeksplorasi berbagai data klinis yang tersedia dalam praktik gigi sehari-hari.

Secara keseluruhan, model AI menunjukkan hasil penelitian yang berkisar antara 76% hingga 97,2%. Penelitian menggunakan dataset terbesar yang dilakukan oleh Zeng dkk. (2025) mengungkapkan sensitivitas sebesar 89,78-97,06% dan spesifisitas sebesar 91,67-99,79%, menunjukkan potensi AI untuk aplikasi skrining massal. Sementara Szabó dkk. (2024) melaporkan akurasi terendah (76-86%) pada radiografi intraoral, Schwarzmaier dkk. (2024) mencapai akurasi tertinggi (97,2%) dalam deteksi karies gigi anak usia dini (ECC) pada anak dengan PAUD, menunjukkan bahwa modalitas pencitraan memengaruhi kinerja model. Ahmed dkk. (2025) menunjukkan presisi-recall yang baik dengan skor F1 sebesar 0,85 dan Intersection over Union (IoU) sebesar 0,78 pada 3D intraoral. Secara konsisten, sensitivitas dan spesifisitas ditemukan setidaknya 80% dalam sejumlah besar penelitian; beberapa penelitian bahkan mencapai spesifisitas 95%, menunjukkan kemampuan luar biasa AI untuk mencegah positif palsu.

Berdasarkan faktor klinis bahwa deteksi karies pada gigi posterior lebih besar dibandingkan pada gigi anterior. Zhang dkk. (2024) menemukan sensitivitas yang sangat rendah (sekitar 10%) untuk karies interproksimal pada gigi anterior dan karies bukal pada gigi premolar, sedangkan Zeng dkk. (2025) melaporkan penurunan sensitivitas sekitar 1,26% untuk lesi lanjut pada gigi posterior. Mengenai tingkat keparahan, setiap penelitian menunjukkan bahwa lesi lanjut (kavitasi) lebih akurat dibandingkan lesi awal (bintik putih/non-kavitasi). •hnisch dkk. (2022) melaporkan akurasi sebesar 79,5% untuk lesi kavitas dibandingkan dengan 85,2% untuk lesi non-kavitasi, sementara Jones dkk. (2025) melaporkan bahwa model memiliki kinerja terbaik untuk ekstensif karies (sensitivitas 71%, presisi 66%), namun kinerja buruk untuk lesi awal dan sedang.

Dari model AI yang dikembangkan dan dievaluasi, Convolutional Neural Networks (CNN) adalah model AI paling populer yang digunakan dalam 80% penelitian.. Yoon dkk. (2024) mengembangkan Cascade Region-based CNN (R-CNN) yang dapat secara simultan melakukan analisis jumlah gigi (mean Average Precision 0,880) dan deteksi karies (mAP 0,769). Schwarzmaier dkk. (2024) mengadopsi pendekatan yang mengintegrasikan deteksi karies dan pengenalan nomor gigi dalam satu model. Menurut Park dkk. (2022), segmentasi gigi sebelum klasifikasi karies dapat meningkatkan akurasi dari 0,758 menjadi 0,813 dan AUC dari 0,731 menjadi 0,837. Studi ini menyoroti transisi dari model deteksi sederhana ke sistem terintegrasi yang lebih menyerupai lingkungan kerja klinis. Meskipun hasil dari sensitifitas dan spesivitas menunjukkan hasil yang rata – rata diatas 85% akan tetapi ada keterbatasan metodologi yaitu studi penelitian menggunakan dataset dari satu institusi atau lokasi, sehingga terbatas untuk digeneralisasi ke sampel yang lebih luas.

PEMBAHASAN

Hasil tinjauan literatur sistematis ini menunjukkan bahwa kecerdasan buatan memiliki kemampuan yang menjanjikan dalam meningkatkan akurasi deteksi karies gigi pada berbagai modalitas pencitraan dental. Sebagian besar penelitian melaporkan nilai sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi yang relatif tinggi, yang menunjukkan bahwa algoritma pembelajaran mendalam mampu mengenali pola lesi karies pada citra dental secara efektif.

Salah satu temuan penting dari studi yang dianalisis adalah bahwa model berbasis deep learning, khususnya convolutional neural network (CNN), menjadi pendekatan yang paling banyak digunakan dalam deteksi karies gigi. CNN mampu mengekstraksi fitur visual dari citra dental secara otomatis sehingga meningkatkan kemampuan sistem dalam mengidentifikasi lesi karies. Hal ini terlihat pada penelitian Kühnisch et al. (2022) dan Park et al. (2022) yang menunjukkan bahwa penerapan CNN dapat meningkatkan akurasi deteksi karies serta kemampuan lokalisasi lesi pada permukaan gigi.

Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI dengan metode diagnostik konvensional dapat meningkatkan kinerja diagnosis klinis dokter gigi. Studi oleh Ahmed et al. (2025) dan Mertens et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan sistem pendukung diagnostik berbasis AI dapat meningkatkan sensitivitas deteksi karies serta membantu dokter gigi dalam pengambilan keputusan klinis. Teknologi ini juga berpotensi mengurangi subjektivitas dalam interpretasi radiografi atau citra intraoral. Meskipun demikian, hasil penelitian juga menunjukkan adanya variasi kinerja AI pada berbagai jenis lesi dan modalitas pencitraan. Beberapa studi melaporkan bahwa model AI lebih akurat dalam mendeteksi lesi karies yang sudah berkembang atau berlubang, dibandingkan dengan lesi tahap awal seperti white spot lesion. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karakteristik visual lesi awal yang lebih sulit dibedakan dari struktur email normal pada citra dental. Selain itu, posisi gigi dan jenis karies juga dapat memengaruhi akurasi sistem AI, sebagaimana dilaporkan dalam penelitian Zhang et al. (2024).

Perbedaan ukuran dataset, kualitas citra, serta metode pelatihan model juga menjadi faktor yang memengaruhi performa kecerdasan buatan dalam berbagai penelitian. Model yang dilatih dengan dataset yang besar dan beragam umumnya menunjukkan kinerja yang lebih baik dan lebih stabil ketika diterapkan pada dataset eksternal. Oleh karena itu, pengembangan sistem AI untuk deteksi karies di masa depan perlu mempertimbangkan penggunaan dataset yang lebih besar, representatif, dan terstandarisasi. Secara keseluruhan, hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa kecerdasan buatan memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dalam praktik kedokteran gigi sebagai alat bantu diagnostik, terutama untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan akurasi deteksi karies gigi. Namun demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi lesi tahap awal serta memastikan validitas model pada berbagai populasi dan kondisi klinis.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan literatur sistematis terhadap berbagai penelitian, dapat disimpulkan bahwa kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) menunjukkan kinerja yang menjanjikan dalam mendeteksi karies gigi pada berbagai modalitas pencitraan dental, seperti foto intraoral, pemindaian intraoral, dan radiografi. Sebagian besar penelitian melaporkan tingkat akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas yang tinggi, dengan kisaran akurasi deteksi umumnya berada antara 80% hingga lebih dari 95%, sehingga menunjukkan potensi AI sebagai alat bantu diagnostik yang efektif dalam praktik kedokteran gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, W. M., Azhari, A. A., Alnakhli, R., Alsulami, Y., Merdad, Y., Abdelrazek, M., & Sahlol, A. T. (2025). Development and evaluation of an artificial intelligence (AI) model for detecting dental caries from 3D intraoral scans. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 134(4), 1115.e1-1115.e8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.06.020>
- Dayo, A. F., Wolff, M. S., Syed, A. Z., & Mupparapu, M. (2021). Radiology of Dental Caries. *Dental Clinics of North America*, 65(3), 427–445. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cden.2021.02.002>
- Ghodasra, R., & Brizuela, M. (2025). *Dental Caries Diagnostic Testing*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). <http://europepmc.org/books/NBK574510>

- Jones, B., Lambach, M., Chen, T., Michou, S., Kilpatrick, N., Curtis, N., Burgner, D. P., Vannahme, C., & Silva, M. (2025). Dental caries detection in children using intraoral scans and deep learning. *Journal of Dentistry*, *160*, 105906. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105906>
- Kühnisch, J., Meyer, O., Hesenius, M., Hickel, R., & Gruhn, V. (2022). Caries Detection on Intraoral Images Using Artificial Intelligence. *Journal of Dental Research*, *101*(2), 158–165. <https://doi.org/10.1177/00220345211032524>
- Mertens, S., Krois, J., Cantu, A. G., Arsiwala, L. T., & Schwendicke, F. (2021). Artificial intelligence for caries detection: Randomized trial. *Journal of Dentistry*, *115*, 103849. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103849>
- Park, E. Y., Cho, H., Kang, S., Jeong, S., & Kim, E.-K. (2022). Caries detection with tooth surface segmentation on intraoral photographic images using deep learning. *BMC Oral Health*, *22*(1), 573. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02589-1>
- Sapna, N., Ankita, M., Snehasish, T., Vini, M., Niher Tabassum, S., Abdul Habeeb, A., & Mohmed Isaqali, K. (2024). Artificial Intelligence in Dental Caries Diagnosis and Detection: An Umbrella Review. *Clinical and Experimental Dental Research*.
- Schwarzmaier, J., Frenkel, E., Neumayr, J., Ammar, N., Kessler, A., Schwendicke, F., Kühnisch, J., & Dujic, H. (2024). Validation of an Artificial Intelligence-Based Model for Early Childhood Caries Detection in Dental Photographs. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 13, Issue 17, p. 5215). <https://doi.org/10.3390/jcm13175215>
- Schwendicke, F., Mertens, S., Cantu, A. G., Chaurasia, A., Meyer-Lueckel, H., & Krois, J. (2022). Cost-effectiveness of AI for caries detection: randomized trial. *Journal of Dentistry*, *119*, 104080. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104080>
- Selwitz, R. H., Ismail, A. I., & Pitts, N. B. (2007). Dental caries. *The Lancet*, *369*(9555), 51–59. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60031-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60031-2)
- Szabó, V., Szabó, B. T., Orhan, K., Veres, D. S., Manulis, D., Ezhov, M., & Sanders, A. (2024). Validation of artificial intelligence application for dental caries diagnosis on intraoral bitewing and periapical radiographs. *Journal of Dentistry*, *147*, 105105. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105105>
- Tinanoff, N. (2019). *12 - Dental Caries* (A. J. Nowak, J. R. Christensen, T. R. Mabry, J. A. Townsend, & M. H. B. T.-P. D. (Sixth E. Wells (Eds.); pp. 169–179). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-60826-8.00012-2>
- Yoon, K., Jeong, H.-M., Kim, J.-W., Park, J.-H., & Choi, J. (2024). AI-based dental caries and tooth number detection in intraoral photos: Model development and performance evaluation. *Journal of Dentistry*, *141*, 104821. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104821>
- Zeng, Z., Ramesh, A., Ruan, J., & Hao, P. (2025). Use of artificial intelligence to detect dental caries on intraoral photos. *Quintessence International*, *56*(1).
- Zhang, J.-W., Fan, J., Zhao, F.-B., Ma, B., Shen, X.-Q., & Geng, Y.-M. (2024). Diagnostic accuracy of artificial intelligence-assisted caries detection: a clinical evaluation. *BMC Oral Health*, *24*(1), 1095. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04847-w>