

PERKEMBANGAN PENGGUNAAN INTELIGENSIA BUATAN SEBAGAI ALAT BANTU DIAGNOSA PENYAKIT PERIODONTITIS BERBASIS DATA CITRA RONTGEN PANORAMIK GIGI: KAJIAN PUSTAKA

Syahrul Fadholi Gumelar, Jamrud Aminuddin dan Mukhtar Effendi

Program Studi Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal
Soedirman, Jl. Dr. Seoparno No. 61 Purwokerto Utara, Banyumas, 53122, Indonesia
E-mail: syahrul.gumelar@mhs.unsoed.ac.id

Abstrak

Kemajuan dalam bidang Inteligencia Buatan (Artificial Intelligence, AI) telah menghadirkan peluang baru dalam dunia medis, khususnya dalam analisis citra medis berbasis prinsip fisika. Penyakit periodontitis, yang merupakan infeksi kronis pada jaringan penyangga gigi, dapat dideteksi melalui pencitraan rontgen panoramik yang memanfaatkan sifat penyerapan dan hamburan sinar-X oleh struktur anatomi gigi dan tulang alveolar. Namun, analisis citra ini sering kali bergantung pada subjektivitas dokter gigi, sehingga diperlukan pendekatan komputasional untuk meningkatkan akurasi deteksi. Kajian pustaka ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode AI yang diterapkan dalam proses diagnosis periodontitis menggunakan citra rontgen panoramik gigi. Delapan artikel ilmiah yang direview menunjukkan penggunaan teknik ekstraksi fitur seperti Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan algoritma klasifikasi meliputi Random Forest, k-Nearest Neighbours (kNN), Convolutional Neural Network (CNN), YOLOv4, InceptionV3, dan Faster R-CNN. Evaluasi performa menghasilkan akurasi antara 64% hingga 91% dan nilai F1-score tertinggi sebesar 91,07%. Validitas metodologi pada artikel dinilai menggunakan Newcastle-Ottawa Scale (NOS) dan mayoritas menunjukkan kualitas sedang hingga tinggi. Temuan ini memperlihatkan bahwa integrasi AI dalam analisis radiografi gigi berpotensi memberikan hasil diagnosis yang lebih objektif dan efisien..

Kata kunci: *inteligensia buatan; fisika medis; diagnosa periodontitis; pengolahan citra digital; citra rontgen panoramik*

Abstract

Advancements in Artificial Intelligence (AI) have opened new opportunities in the medical field, particularly in the analysis of medical images based on physical principles. Periodontitis, a chronic infection affecting the supporting tissues of the teeth, can be detected through panoramic radiographic imaging, which utilizes the absorption and scattering characteristics of X-rays by dental and alveolar bone structures. However, such image analysis often depends on the subjectivity of dental practitioners, highlighting the need for computational approaches to enhance diagnostic accuracy. This literature review aims to identify AI-based methods applied in diagnosing periodontitis using panoramic dental radiographs. A review of eight relevant scientific articles reveals the use of feature extraction techniques such as the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), and classification algorithms including Random Forest, k-Nearest Neighbours (kNN), Convolutional Neural Network (CNN), YOLOv4, InceptionV3, and Faster R-CNN. The evaluated models reported classification accuracy ranging from 64% to 91%, with the highest F1-score reaching 91.07%. The methodological validity of the studies was assessed using the Newcastle-Ottawa Scale (NOS), with most articles achieving moderate to high scores. These findings demonstrate that the integration of AI into dental radiograph analysis has the potential to produce more objective and efficient diagnostic outcomes..

Keywords: *artificial intelligence; medical physics; periodontitis diagnosis; digital image processing; panoramic X-ray imaging*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang medis telah memberikan kemajuan signifikan dalam metode diagnosa berbasis pencitraan. Salah satu teknologi yang banyak diterapkan adalah sistem Inteligencia Buatan (Artificial Intelligence, AI) dalam menganalisis citra rontgen panoramik gigi untuk mendeteksi penyakit periodontitis [1]. Periodontitis merupakan penyakit infeksi yang menyerang jaringan penyangga gigi, menyebabkan degradasi tulang alveolar dan, dalam kasus yang parah, kehilangan gigi [2]. Diagnosa yang akurat sangat penting untuk mencegah progresivitas penyakit ini dan memastikan perawatan yang tepat [3].

Dalam praktik klinis, analisis citra rontgen panoramik gigi sering kali dilakukan secara manual oleh dokter gigi, yang dapat menimbulkan subjektivitas dalam interpretasi [4]. Oleh karena itu, pemanfaatan AI sebagai alat bantu dalam menganalisis citra medis menjadi solusi potensial dalam meningkatkan akurasi deteksi dan mempercepat proses diagnosa. AI bekerja dengan prinsip pengolahan citra digital berbasis fisika pencitraan, di mana sistem dapat mengekstrak pola dari distribusi intensitas sinar-X yang diserap oleh jaringan keras dan lunak [5][6].

Teknik pemrosesan citra seperti ekstraksi fitur tekstur menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), augmentasi data, serta klasifikasi menggunakan model seperti *Random Forest*, *k-Nearest Neighbours* (kNN) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) telah banyak diterapkan dalam berbagai penelitian [7][8]. Dengan metode ini, AI mampu mengenali pola penyakit secara otomatis, meningkatkan efisiensi kerja tenaga medis, serta mengurangi kesalahan diagnosa yang dapat terjadi akibat keterbatasan manusia [9].

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji berbagai metode AI yang telah diterapkan dalam diagnosa penyakit periodontitis berbasis citra rontgen panoramik gigi. Dengan adanya kajian pustaka ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai teknik pengolahan citra yang efektif, model AI yang paling akurat, serta tantangan dan prospek ke depan dalam penerapannya. Kajian ini juga bertujuan untuk membantu para peneliti dan praktisi medis dalam memahami

perkembangan terkini serta menemukan solusi terbaik guna meningkatkan efisiensi dan akurasi diagnosa penyakit periodontal.

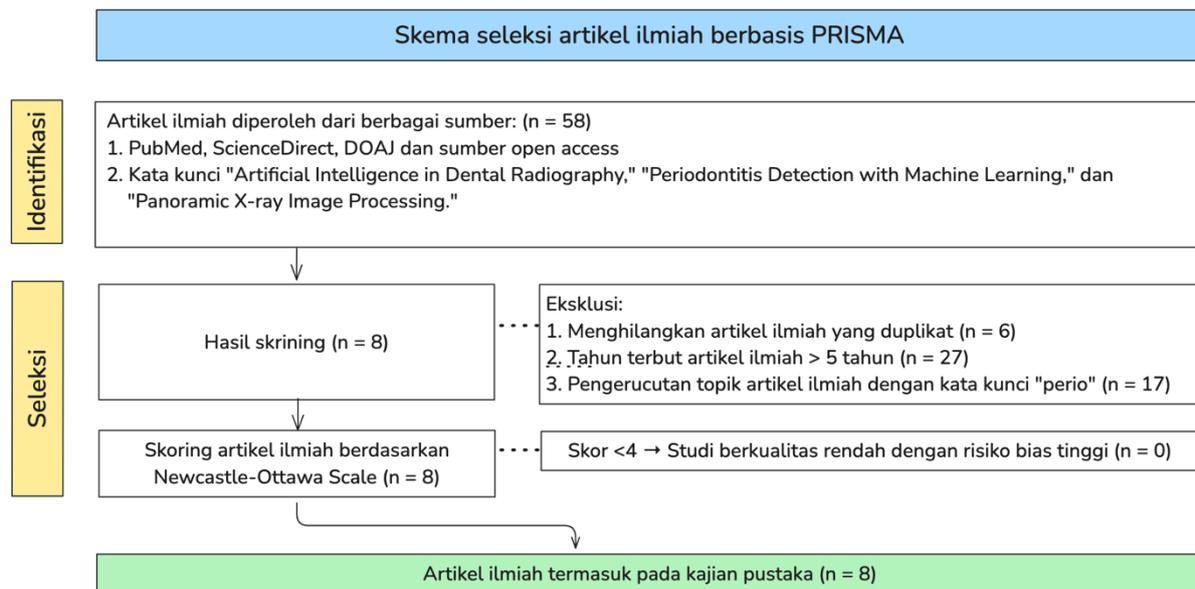
METODE

Kajian pustaka ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menganalisis berbagai penelitian yang telah dilakukan terkait penerapan Inteligencia Buatan dalam diagnosa penyakit periodontitis berbasis citra rontgen panoramik gigi. Metode SLR dilakukan dengan mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis literatur dari berbagai sumber ilmiah yang relevan, termasuk jurnal internasional dan prosiding konferensi [10].

Proses penelitian dilakukan dalam beberapa tahap:

1. Identifikasi Literatur: Pencarian literatur dilakukan melalui database akademik seperti PubMed, ScienceDirect, DOAJ dan sumber *open access* lain dengan kata kunci "*Artificial Intelligence in Dental Radiography*", "*Periodontitis Detection with Machine Learning*" dan "*Panoramic X-ray Image Processing*"
2. Seleksi Studi: Artikel yang diperoleh kemudian disaring berdasarkan relevansi dengan topik penelitian, tahun publikasi (dalam 5 tahun terakhir), serta kualitas dan kredibilitas sumbernya.
3. Analisis dan Sintesis: Data yang diperoleh dianalisis untuk mengidentifikasi tren penelitian terkini, keunggulan serta keterbatasan masing-masing metode, serta potensi penerapan lebih lanjut dalam dunia medis.

Dari literatur terpilih yang berbasis metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) diperoleh total 58 artikel ilmiah. Selanjutnya artikel ilmiah tersebut dilakukn skriing dengan menghilangkan artikel ilmiah yang duplikat sebanyak 6 artikel, seleksi tahun terbut artikel lebih dari lima tahun sebanyak 27 artikel serta pengerucutan topik artikel ilmiah sesuai kajian pustaka yang akan dilakukan sebanyak 17 artikel. Sehingga menghasilkan 8 artikel ilmiah sesuai dengan tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir PRISMA

Sebagai bagian dari seleksi artikel ilmiah, dilakukan skoring berbasis Newcastle-Ottawa Scale (NOS) untuk mengevaluasi tingkat validitas dan bias studi observasional [11]. Setiap artikel ilmiah hasil skrining akan dinilai dengan tiga aspek kriteria penilaian yaitu seleksi, komparabilitas dan hasil/eksposur, masing-masing kriteria memiliki deskripsi dan skor maksimum yang berbeda sesuai dengan Tabel 1 dibawah ini. Skor dari masing-masing aspek tersebut kemudian akan ditotal dan dilakukan interpretasi skor yaitu apabila artikel ilmiah memperoleh skor 7-9 maka dapat

dikategorikan sebagai studi berkualitas tinggi, 4-6 studi berkualitas sedang dan kurang dari 4 merupakan studi berkualitas rendah dengan risiko bias tinggi. Hasil skoring untuk setiap artikel ilmiah ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut semua artikel ilmiah hasil skoring memiliki skor lebih dari 5 sehingga termasuk studi kualitas sedang & tinggi. Dikarenakan tidak ada artikel ilmiah dengan skor kurang dari 4 maka semua artikel ilmiah hasil skoring digunakan dalam kajian pustaka sebagaimana terdapat pada Tabel 3.

Tabel 1. Aspek Skoring Newcastle-Ottawa Scale

Kriteria Penilaian	Deskripsi	Skor Maksimum
Seleksi	Kualitas pemilihan sampel, validitas diagnosis, dan kesesuaian kelompok kontrol.	4
Komparabilitas	Pengendalian faktor perancu dengan metode statistik atau pemilihan kontrol yang sesuai.	2
Hasil/Eksposur	Validitas metode pengukuran hasil, waktu tindak lanjut yang cukup, dan tingkat kehilangan sampel minimal.	3

Tabel 2. Skoring artikel ilmiah berdasarkan Newcastle-Ottawa Scale (NOS)

Penulis, tahun	Seleksi (4)	Komparabilitas (2)	Hasil/Eksposur (3)	Total Skor
Hasnita dkk., 2021 [7]	2	1	2	5
Alotaibi G. dkk., 2022 [8]	3	1	2	6
Jiang L. dkk., 2022 [9]	3	2	3	8
Li S. dkk., 2022 [12]	4	2	3	9
Bashir N Z. dkk., 2022 [13]	3	2	2	7
Chang J. dkk., 2022 [14]	4	2	3	9
Ryu J. dkk., 2023 [15]	4	2	2	8
Fadhillah Y. dkk., 2024 [16]	3	2	3	8

Tabel 3. Penelitian hasil seleksi

Penulis, tahun	Tujuan	Dataset	Metode atau Algoritma	Hasil Pengujian
Hasnita dkk., 2021 [7]	Klasifikasi penyakit periodontal	Citra Panormik Gigi sebanyak 100 data	Ekstraksi ciri citra Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan model kNN	Hasil akurasi tinggi pada k=3 sebesar 64%
Alotaibi G. dkk, 2022 [8]	Assesmen periodontal bone level, ada dua tipe assesmen, yaitu <i>binary classification</i> (gigi sehat dan periodontitis) serta <i>multiclass classification</i> (normal, ringan, sedang, parah)	Citra radiografi gigi dengan total 1724 citra intraoral periapical	Kombinasi model <i>transfer learning</i> dan arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) VGG-16	Hasil akurasi diagnose untuk <i>binary classification</i> adalah 73,04% sedangkan untuk <i>multiclass classification</i> adalah 59,42%
Jiang L. dkk 2022 [9]	Mendapatkan model pemeringkatan keparahan <i>periodontal bone loss</i>	Citra panoramic gigi sebanyak 640 citra yang telah dikategorisasikan tingkat keparahannya oleh 3 dokter spesialis periodontitis	Setiap data citra dilakukan augmentasi data, lalu segmentasi gigi dan terakhir digunakan metode <i>deep learning</i> UNet dan YOLOv4	Secara umum hasil akurasi klasifikasi dari model adalah 77%
Li S. dkk, 2022 [12]	Deteksi karies gigi dan periodontitis periapical	Citra sinar-X panoramic gigi sebanyak 4129 Citra	Deep Learning	Hasil F1-score untuk karies 82,9% dan periodontitis apical 82,8%
Bashir N Z. dkk., 2022 [13]	Membandingkan algoritma machine learning untuk prediksi periodontitis	Jenis citra tidak disebutkan, jumlah data dari Taiwan sebanyak 3453 dan Amerika Serikat sebanyak 3685	10 algoritma machine learning, diantaranya: AdaBoost, ANN, Decision Tree, Gaussian process, kNN, LSV, LDA, Logistic Reg, Random Forest, Naïve Bayes	Internal validasi menunjukkan algoritma Random Forest dan kNN memiliki akurasi tinggi 97,5% - 99,3% akan tetapi hasil validasi eksternal semua algoritma menunjukkan hasil akurasi diantara 50% - 60%
Chang J. dkk, 2022 [14]	Klasifikasi <i>radiographic bone loss</i> (RBL) dalam diagnosa dan rencana perawatan periodontitis	Citra radiografi terstandarisasi dari seluruh bagian mulut pasien sebanyak 236 pasien	Setiap data citra dilakukan proses pra-pemrosesan dan augmentasi dan digunakan model <i>deep learning</i> Inception V3	Hasil rata-rata akurasi untuk kategorisasi periodontitis ringan dan periodontitis parah sebesar 87% dengan metode verifikasi 5 fold cross validation
Ryu J. dkk., 2023 [15]	Deteksi periodontal bone loss	Citra radiogradi panoramic gigi sebanyak 4083 citra	Faster R-CNN	Hasil Area Under the Curve (AUC) untuk mendeteksi gigi yang mengalami kerusakan

Fadhillah Y. dkk, 2024 [16] Identifikasi penyakit periodontal

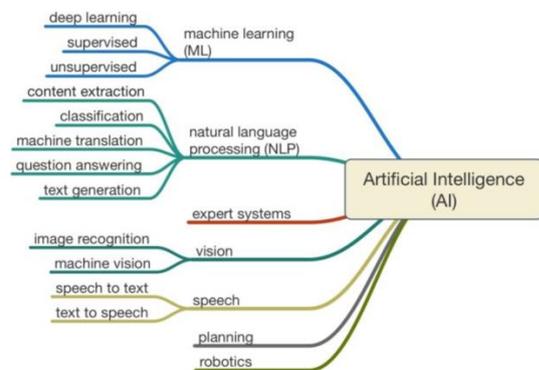
Data pelatihan sebanyak 40 citra dan data uji 55 citra sinar-X

Dataset dilakukan augmentasi sebelum dilakukan pelatihan model algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)*

periodontal dan gigi sehat adalah 88% Akurasi keseluruhan 91,16%, presisi untuk gigi sehat 92,39% dan gigi periodontal 91,05% serta F1-score 91.07%

HASIL DAN PEMBAHASAN Inteligensi Buatan

Inteligensi Buatan (AI) adalah cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang mampu meniru kecerdasan manusia, termasuk pengenalan pola, pembelajaran, dan pengambilan keputusan [17]. AI memiliki beberapa tipe diantaranya meliputi *machine learning (ML)*, *natural language procesing (NLP)*, *expert system*, *vision*, *speech*, *planning* dan robotik [18]. Serta pada masing-masing jenis tersebut memiliki subbagian lagi sesuai dengan digram pada Gambar 2 dibawah ini

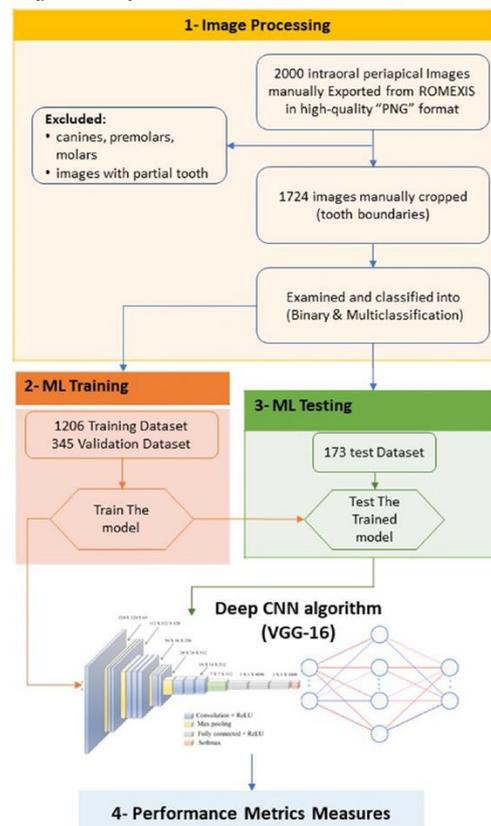


Gambar 2. Subbagian dalam Inteligensi Buatan

Salah satu tipe AI yang dominan adalah *Machine Learning (ML)*, yang meliputi pembelajaran dengan pengawasan (*supervised learning*), pembelajaran tanpa pengawasan (*unsupervised learning*), serta pembelajaran mendalam (*deep learning*) [19]. Teknik ini memungkinkan komputer untuk belajar dari data dan membuat prediksi tanpa perlu diprogram secara eksplisit. Selain itu ada pula tipe AI *vision* atau penglihatan yang berfokus pada pengolahan dan analisis data visual dari gambar atau video untuk mengekstraksi informasi yang relevan. *Vision* dalam AI mencakup dua aspek utama, yaitu *image recognition* (pengenalan citra) dan *machine vision* (penglihatan mesin) [20].

Dalam bidang fisika medis, penerapan teknologi vision sangat signifikan, terutama dalam pengolahan citra medis (medical imaging). Salah satu contoh penerapannya adalah dalam pencitraan radiologi seperti sinar-X, CT scan, dan MRI, di mana teknologi image recognition digunakan untuk mendeteksi kelainan atau patologi pada jaringan tubuh manusia. Sebagai contoh, sistem berbasis AI mampu mengenali massa tumor pada hasil sinar-X paru-paru atau mendeteksi kalsifikasi gigi pada citra panoramik gigi [21][22].

Proses kerja kecerdasan buatan (AI) dalam pengolahan citra medis secara umum melibatkan beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Diagram alir tahapan penelitian Alotaibi dkk [8]

Tahap awal dimulai dengan akuisisi data, di mana citra medis dikumpulkan sebagai bahan dasar untuk analisis lebih lanjut. Citra yang diperoleh kemudian melalui tahap pra-pemrosesan, yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra serta menyeleksi area yang relevan agar fitur penting lebih mudah dikenali. Proses ini dapat meliputi pemotongan, penyesuaian, atau peningkatan kontras gambar [8].

Setelah data siap, tahap berikutnya adalah pelatihan model. Pada tahap ini, model kecerdasan buatan dilatih menggunakan teknik pembelajaran mesin atau deep learning untuk mengenali pola dan karakteristik tertentu dalam citra. Model mempelajari hubungan antara fitur citra dengan label klasifikasi melalui proses iteratif. Setelah proses pelatihan selesai, model dievaluasi menggunakan data uji pada tahap pengujian model, di mana kemampuan model dalam membuat prediksi diuji pada citra baru yang belum pernah dilihat sebelumnya [8].

Tahap terakhir adalah evaluasi performa, yang dilakukan dengan menggunakan metrik tertentu seperti akurasi, sensitivitas, dan presisi. Deskripsi rumus dari metrik evaluasi ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah. Evaluasi ini penting untuk menilai sejauh mana model mampu memberikan hasil yang akurat dan konsisten. Proses ini menunjukkan bagaimana AI berperan dalam membantu otomatisasi analisis citra medis, sehingga dapat mendukung proses diagnosis dan pengambilan keputusan dalam bidang medis [12].

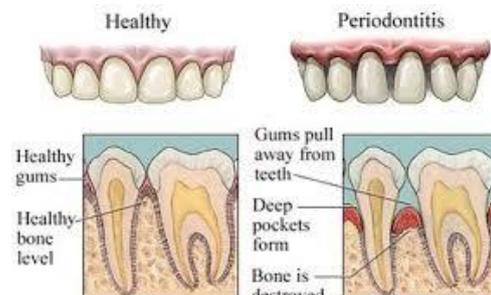
Tabel 4. Metrik evaluasi performa model

Jenis Metrik	Formula
Akurasi	$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$
Presisi	$\frac{TP}{TP + FP}$
Recall	$\frac{TP}{TP + FN}$
Spesifitas	$\frac{TN}{TN + FP}$
F1-score	$2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$

Penyakit Periodontitis

Periodontitis merupakan penyakit inflamasi kronis yang menyerang jaringan pendukung gigi, termasuk gusi, ligamen periodontal, dan tulang alveolar [2]. Penyakit ini berkembang sebagai komplikasi dari

gingivitis yang tidak diobati, di mana plak bakteri yang menumpuk pada permukaan gigi menyebabkan peradangan pada gusi. Pada tahap awal, gusi tampak merah, bengkak, dan mudah berdarah. Seiring waktu, peradangan ini menyebabkan gusi menarik diri dari gigi, membentuk kantong periodontal yang dalam [3]. Proses inflamasi yang berkelanjutan memicu degradasi jaringan lunak dan tulang alveolar yang menopang gigi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Dalam kondisi sehat, jaringan gusi melekat erat pada gigi, dan tingkat tulang alveolar berada pada posisi normal. Sebaliknya, pada periodontitis, jaringan gusi tertarik ke bawah, membentuk kantong yang memungkinkan bakteri masuk lebih dalam, sehingga mempercepat kerusakan tulang.

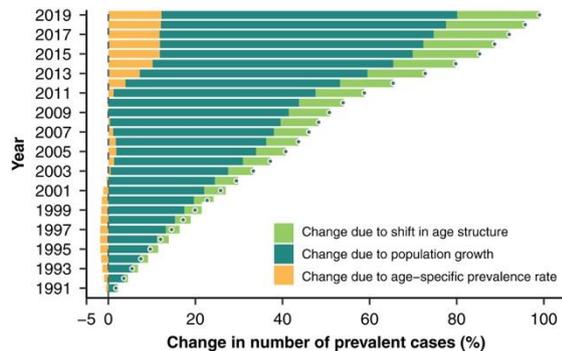


Gambar 4. Ilustrasi penyakit periodontitis

Kehilangan jaringan tulang ini dapat menyebabkan gigi menjadi goyang dan, jika tidak diobati, berujung pada kehilangan gigi permanen. Diagnosis periodontitis biasanya dilakukan melalui pemeriksaan klinis dan radiografi dental, di mana gambaran radiologi dapat menunjukkan penurunan tinggi tulang alveolar [4]. Deteksi dini dan penanganan yang tepat sangat penting untuk mencegah progresivitas penyakit dan mempertahankan kesehatan jaringan periodontal.

Prevalensi periodontitis secara global menunjukkan tren peningkatan yang signifikan selama beberapa dekade terakhir, sebagaimana ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 5. Peningkatan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya pertumbuhan populasi, perubahan struktur usia, dan prevalensi spesifik berdasarkan kelompok usia. Grafik menunjukkan bahwa kontribusi terbesar terhadap peningkatan jumlah kasus berasal dari pertumbuhan populasi, diikuti oleh perubahan struktur usia yang menempatkan lebih banyak individu dalam kelompok usia rentan terhadap

penyakit periodontal. Sementara itu, kontribusi perubahan prevalensi spesifik berdasarkan usia relatif kecil namun tetap berperan dalam tren peningkatan ini [23].

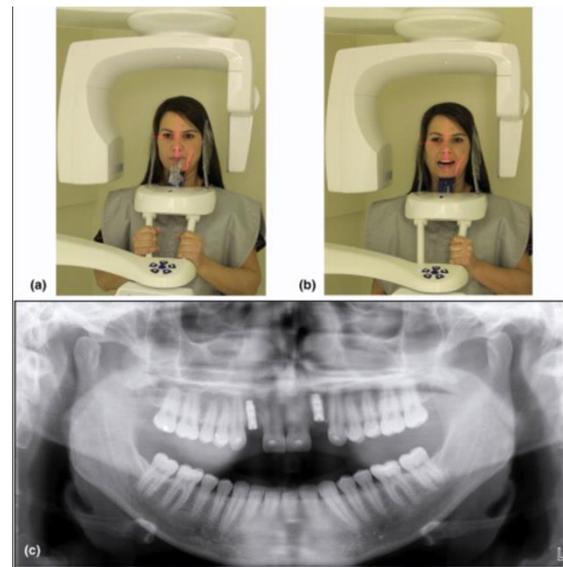


Gambar 5. Prevalensi periodontitis dari tahun 1991 sampai 2019 [23]

Kondisi ini mencerminkan bahwa periodontitis tidak hanya merupakan masalah kesehatan individu, tetapi juga menjadi isu kesehatan masyarakat yang semakin penting, terutama di negara dengan populasi yang menua. Upaya pencegahan dan deteksi dini berbasis teknologi, seperti pengolahan citra menggunakan machine learning, menjadi semakin relevan dalam mengatasi beban penyakit ini secara efektif [5]. Deteksi otomatis pada citra radiografi dental diharapkan mampu meningkatkan akurasi diagnosis serta mempercepat proses skrining dalam skala yang lebih luas.

Rontgen Panoramik Gigi

Rontgen panoramik gigi merupakan metode pencitraan medis non-invasif yang digunakan untuk memperoleh gambaran menyeluruh dari struktur gigi, rahang, dan jaringan sekitarnya dalam satu citra tunggal [24]. Prosedur ini melibatkan pemindaian berbasis sinar-X yang berputar mengelilingi kepala pasien, sebagaimana ditunjukkan dalam gambar. Pasien diminta untuk menggigit penyangga plastik (*bite block*) dan menjaga posisi kepala tetap stabil selama proses pemindaian. Mesin rontgen akan menghasilkan berkas sinar-X berbentuk kipas (*fan-shaped beam*) yang diarahkan secara horizontal, sementara detektor berputar secara bersamaan di sisi berlawanan untuk merekam gambar dari berbagai sudut [25][26]. Ilustrasi cara kerja mesin rontgen ditunjukkan pada Gambar 6 berikut



Gambar 6. Ilustrasi proses pengambilan citra rontgen panoramik gigi [26]

Prinsip fisika di balik rontgen panoramik didasarkan pada penyerapan diferensial sinar-X oleh jaringan tubuh. Tulang dan jaringan keras menyerap lebih banyak sinar-X, sehingga tampak lebih terang pada citra, sedangkan jaringan lunak menyerap lebih sedikit dan tampak lebih gelap. Intensitas sinar-X yang melewati objek direpresentasikan oleh hukum Lambert-Beer yang dirumuskan sebagai:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1) diatas dimana I adalah intensitas sinar-X setelah melewati objek, I_0 adalah intensitas awal sinar-X, μ adalah koefisien atenuasi linear (yang bergantung pada jenis jaringan), dan x adalah ketebalan jaringan yang dilalui sinar-X. Proses ini memungkinkan deteksi kelainan gigi, termasuk kehilangan tulang alveolar yang merupakan indikator penting dalam diagnosis periodontitis [27]. Teknologi rontgen panoramik sangat mendukung sistem berbasis machine learning karena menghasilkan citra beresolusi tinggi dengan informasi struktural yang kaya untuk analisis lebih lanjut.

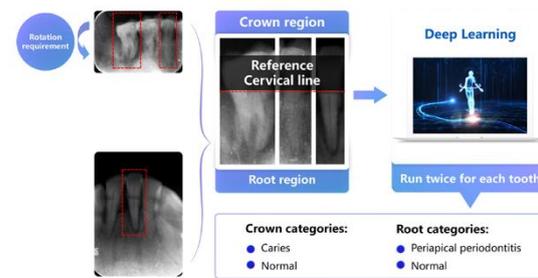
Diagnosa Periodontitis dan Potensi Inteligensia Buatan

Proses diagnosis periodontitis secara konvensional pada praktik klinis umumnya dilakukan melalui pemeriksaan klinis oleh dokter gigi, radiografi, dan pengukuran kedalaman poket periodontal menggunakan probe manual. Meskipun metode ini telah

menjadi standar dalam dunia kedokteran gigi, pendekatan tersebut memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu kekurangan utama adalah adanya unsur subjektivitas dalam penilaian dokter, terutama pada tahap interpretasi citra radiografi dan evaluasi tingkat keparahan penyakit [4]. Perbedaan tingkat pengalaman dan keahlian klinisi sering kali menghasilkan variasi penilaian, yang berpotensi mempengaruhi ketepatan diagnosis. Selain itu, proses pemeriksaan secara manual membutuhkan waktu yang relatif lama, terutama jika dilakukan pada sejumlah besar pasien atau dalam studi epidemiologi berskala besar [9].

Dalam beberapa tahun terakhir, inteligensia buatan (AI) telah muncul sebagai teknologi potensial untuk mendukung proses diagnosis periodontitis. AI menawarkan kemampuan otomasi dalam analisis citra medis dengan tingkat akurasi yang semakin mendekati atau bahkan melampaui performa manusia. Sebagaimana dalam penelitian Hasinta dkk pada tahun 2021 yang meneliti klasifikasi penyakit periodontal dan non-periodontal berbasis data citra panormatik gigi sebanyak 100 citra, dengan menggunakan metode ekstraksi ciri citra *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) serta algoritma *k-Nearest Neighbours* (kNN) menghasilkan nilai akurasi klasifikasi citra rontgen panoramik sehat dan periodontitis terbaik pada nilai parameter $k=3$ sebesar 64% [7].

Kemudian penelitian oleh Li S dkk pada tahun 2022 meneliti deteksi karies gigi dan periodontitis *periapical* berbasis data citra panoramik gigi sebanyak 4129 citra. Dalam penelitian ini bagian gigi dibagi menjadi dua bagian yaitu mahkota dan akar gigi, pada bagian mahkota akan digunakan untuk mengklasifikasikan apakah gigi terkategori karies atau normal, kemudian bagian akar untuk mengklasifikasikan apakah gigi terdeteksi normal atau periodontitis sesuai dengan diagram alir pada Gambar 7. Algoritma deteksi yang digunakan yaitu *deep learning* dengan stuktur *convolutional layer* dan *max pooling* berhasil menghasilkan *F1-score* untuk deteksi karies 82,9% dan periodontitis apikal sebesar 82,8% [12].



Gambar 7. Diagram alir metode deteksi karies dan periodontitis pada penelitian Li S dkk [12]

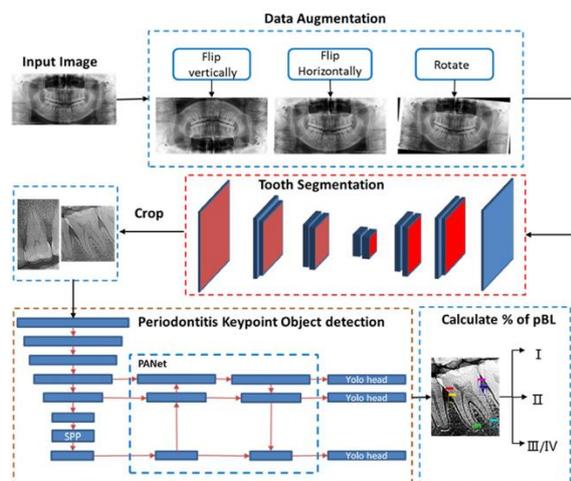
Penelitian Bashir N. Z dkk pada tahun 2022 membandingkan beberapa algoritma machine learning untuk prediksi periodontitis diantaranya *AdaBoost*, ANN, *Decision Tree*, *Gaussian process*, kNN, LSV, LDA, *Logistic Regression*, *Random Forest*, *Naïve Bayes*. Dalam penelitian tersebut tidak disebutkan secara jelas terkait jenis citra, sedangkan untuk jumlah data digunakan sebanyak 3453 data dari Taiwan dan 3685 data dari Amerika Serikat. Berdasarkan perbandingan yang dilakukan hasil terbaik didapatkan menggunakan algoritma *Random Forest* dan kNN dengan akurasi 97,5% - 99,3% untuk validasi internal, sedangkan hasil akurasi pada validasi eksternal hanya berkisar antara 50% - 60% [13].

Beberapa peneliti juga mengeksplorasi algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) atau modifikasi dari model CNN tersebut diantaranya penelitian Alotaibi G. dkk pada tahun 2022 yang bertujuan untuk assesmen periodontal bone level, ada dua tipe assesmen, yaitu *binary classification* (gigi sehat dan periodontitis) serta *multiclass classification* (normal, ringan, sedang, parah). Citra radiografi gigi yang digunakan total 1724 citra intraoral periapical, model yang digunakan adalah kombinasi model *transfer learning* dan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) VGG-16. Hasil penelitian tersebut akurasi diagnosa untuk *binary classification* adalah 73,04% sedangkan untuk *multiclass classification* adalah 59,42% [8].

Selanjutnya penelitian Chang J. dkk pada tahun 2022 melakukan klasifikasi *radiographic bone loss* (RBL) menggunakan model *deep learning* InceptionV3 berbasis data citra panoramic gigi dari 236 pasien yang kemudian dilakukan proses augmentasi data. Dalam penelitian tersebut didapatkan hasil rata-rata akurasi untuk kategorisasi periodontitis ringan dan periodontitis parah sebesar 87%

dengan metode verifikasi *5-fold cross validation* [14].

Penelitian Jiang L. dkk pada tahun 2022 menggunakan metode UNet dan CNN dengan arsitektur YOLOv4 untuk mendapatkan model pemeringkatan keparahan *periodontal bone loss* berbasis data citra panoramic gigi sebanyak 640 citra yang telah dikategorisasikan tingkat keparahannya oleh 3 dokter spesialis periodontitis. Dalam penelitian ini setiap data akan dilakukan proses augmentasi untuk memperbanyak data selanjutnya dilakukan proses segmentasi gigi menggunakan metode UNet lalu gigi yang tersegmentasi masuk pada model CNN yang telah dimodifikasi dengan PANet dan YOLOv4 sehingga menghasilkan luaran berupa 6 titik *keypoint* untuk menghitung persentase dari *periodontal bone loss* sesuai diagram alir pada Gambar 8 dibawah. Berdasarkan evaluasi metode ini berhasil menghasilkan akurasi rata-rata klasifikasi persentase *periodontal bone loss* sebesar 77% [9].



Gambar 8. Diagram alir metode pada penelitian Jiang L dkk [9]

Penelitian Ryu J dkk pada tahun 2023 melakukan deteksi *periodontal bone loss* berbasis citra panoramic gigi sebanyak 4083 citra menggunakan algoritma *Faster R-CNN*. Dalam penelitian ini berhasil mendapatkan nilai konsistensi dan reproduksibilitas yang tinggi dibuktikan dengan nilai *intra-examiner correlation coefficient* (ICC) 94% dan nilai metrik evaluasi *area under the curve* (AUC) untuk deteksi periodontitis dan normal sebesar 88% [15].

Terakhir pada penelitian oleh Fadhillah Y dkk pada tahun 2024 melakukan identifikasi

penyakit periodontal dengan data pelatihan sebanyak 40 citra dan data pengujian 55 citra sinar-X menggunakan metode augmentasi data dan algoritma CNN menghasilkan akurasi sebesar 91,16% dan presisi untuk gigi sehat sebesar 92,39% dan gigi periodontal sebesar 91,05% [16].

Dengan kemampuannya dalam memproses sejumlah besar data secara otomatis, AI tidak hanya dapat mempercepat proses diagnosis, tetapi juga mengurangi potensi bias subjektif yang menjadi kelemahan dalam metode konvensional.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan, penerapan inteligensia buatan (AI) dalam diagnosis periodontitis menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi proses identifikasi penyakit. Metode *machine learning* seperti *Random Forest*, kNN, kemudian metode berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) beserta modifikasinya seperti *Faster R-CNN*, *Unet*, *InceptionV3*, *YOLOv4* dan lain-lain mampu mendeteksi kehilangan tulang alveolar dan perubahan struktur periodontal pada citra sinar-X panoramik dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, teknik ekstraksi fitur tekstur berbasis *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) memberikan kontribusi dalam kuantifikasi karakteristik tekstur yang mendukung proses diagnosis. Penggunaan AI tidak hanya mempercepat proses analisis citra, tetapi juga dapat mengurangi subjektivitas yang sering muncul dalam evaluasi manual oleh klinisi. Dengan demikian, AI berpotensi menjadi teknologi pendukung yang efektif dalam membantu diagnosis periodontitis di masa depan.

Pengembangan sistem berbasis AI untuk diagnosa periodontitis disarankan untuk terus diperluas dengan menggunakan dataset yang lebih bervariasi, baik dari segi kualitas citra maupun kondisi klinis pasien. Selain itu, penerapan metode *deep learning* seperti modifikasi arsitektur model *Convolutional Neural Network* (CNN) serta metode ekstraksi fitur citra rontgen selain GLCM dapat dieksplorasi lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Validasi model menggunakan data dari berbagai populasi pasien juga menjadi langkah penting guna memastikan keandalan sistem dalam berbagai

kondisi. Kolaborasi antara pakar kesehatan gigi dan peneliti teknologi AI diharapkan mampu menghasilkan sistem yang tidak hanya akurat, tetapi juga dapat diimplementasikan secara praktis di klinik-klinik gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Fauziah YA, Alhadad H, Utama YP. 2024. Etika dan Tantangan Penggunaan Kecerdasan Buatan dalam Kedokteran Gigi. *Jurnal Hukum dan Etika Kesehatan.*: 1-14.
- 2 Ghaffari M, Zhu Y, Shrestha A. 2024. A review of advancements of artificial intelligence in dentistry. *Dentistry Review.* **4**(2): 100081.
- 3 Andriani I, Chairunnisa FA. 2019. Periodontitis kronis dan penatalaksanaan kasus dengan kuretase. *Insisiva Dental Journal: Majalah Kedokteran Gigi Insisiva.* **8**(1): 25-30.
- 4 Danks RP, Bano S, Orishko A, Tan HJ, Moreno SF, D'Aiuto F, Stoyanov D. 2021. Automating periodontal bone loss measurement via dental landmark localisation. *International journal of computer assisted radiology and surgery.* **16**(7): 1189-1199.
- 5 Deng K, Zonta F, Yang H, Pelekos G, Tonetti MS. 2024. Development of a machine learning multiclass screening tool for periodontal health status based on non - clinical parameters and salivary biomarkers. *Journal of Clinical Periodontology.* **51**(12): 1547-1560.
- 6 Ruparell A, Gibbs M, Colyer A, Wallis C, Harris S, Holcombe LJ. 2023. Developing diagnostic tools for canine periodontitis: combining molecular techniques and machine learning models. *BMC Veterinary Research.* **19**(1): 163.
- 7 Hasnita H, Anraeni S, Umar F. 2021. Klasifikasi penyakit periodontal pada citra panoramik gigi dengan ekstraksi fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM). *Buletin Sistem Informasi Dan Teknologi Islam.* **2**(4): 284–288.
- 8 Alotaibi G, Awawdeh M, Farook FF, Aljohani M, Aldhafiri RM, Aldhoayan M. 2022. Artificial intelligence (AI) diagnostic tools: utilizing a convolutional neural network (CNN) to assess periodontal bone level radiographically—a retrospective study. *BMC Oral Health.* **22**(1).
- 9 Jiang L, Chen D, Cao Z, Wu F, Zhu H, Zhu F. 2022. A two-stage deep learning architecture for radiographic staging of periodontal bone loss. *BMC Oral Health.* **22**(1).
- 10 Soebartika R, Rindaningsih I. 2023. Systematic Literature Review (SLR): Implementasi Sistem Kompensasi dan Penghargaan Terhadap Kinerja Guru SD Muhammadiyah Sidoarjo. *MAMEN: Jurnal Manajemen.* **2**(1): 171-185.
- 11 Norris JM, Simpson BS, Ball R, Freeman A, Kirkham A, Parry MA, Emberton M. 2021. A modified Newcastle-Ottawa scale for assessment of study quality in genetic urological research. *European Urology,* **79**(3): 325-326.
- 12 Li S, Liu J, Zhou Z, Zhou Z, Wu X, Li Y, Wang S, Liao W, Ying S, Zhao Z. 2022. Artificial intelligence for caries and periapical periodontitis detection. *J Dent.* **122**: 104107.
- 13 Bashir NZ, Rahman Z, Chen SL. 2022. Systematic comparison of machine learning algorithms to develop and validate predictive models for periodontitis. *J Clin Periodontol.* **49**(10): 958-969
- 14 Chang J, Chang MF, Angelov N, Hsu CY, Meng HW, Sheng S, Glick A, Chang K, He YR, Lin YB, Wang BY. 2022. Ayilavarapu S. Application of deep machine learning for the radiographic diagnosis of periodontitis. *Clin Oral Investig.* **26**(11): 6629-6637.
- 15 Ryu J, Lee D, Jung Y, Kwon O, Park S, Hwang J, Lee J. 2023. Automated detection of periodontal bone loss using deep learning and panoramic radiographs: a convolutional neural

- network approach. *Applied Sciences*. **13**(9): 5261.
- 16 Fadhillah Y, Kodir AIA, Siregar MNH. 2024. Periodontal Disease Detection with Machine Learning Technology From Radiographic Images: An Interdisciplinary Study Of Dentistry and Computer Science. *CHIPSET*. **5**(2): 76-83.
- 17 Sarker IH. 2022. AI-based modeling: techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems. *SN computer science*. **3**(2): 158.
- 18 Mikelsten D, Teigens V, Skalfist P. *Kecerdasan Buatan: Revolusi Industri Keempat*. Cambridge Stanford Books. Cambridge, UK. 2022
- 19 Sarker IH. 2021. Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN computer science*. **2**(3): 160.
- 20 Matsuzaka Y, Yashiro R. 2023. AI-based computer vision techniques and expert systems. *Ai*. **4**(1): 289-302.
- 21 Shimazaki A, Ueda D, Choppin A, Yamamoto A, Honjo T, Shimahara Y, Miki Y. 2022. Deep learning-based algorithm for lung cancer detection on chest radiographs using the segmentation method. *Scientific Reports*. **12**(1): 727.
- 22 Umer F, Habib S, Adnan N. 2022. Application of deep learning in teeth identification tasks on panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*. **51**(5): 20210504.
- 23 Chen MX, Zhong YJ, Dong QQ, Wong HM, Wen, YF. 2021. Global, regional, and national burden of severe periodontitis, 1990–2019: An analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Journal of Clinical Periodontology*. **48**(9): 1165–1188.
- 24 Himammi AN, Hartomo BT. 2021. Kegunaan radiografi panoramik pada masa mixed dentition. *Jurnal Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia (JRDI)*. **5**(1): 39-43.
- 25 Różyło-Kalinowska I. 2021. Panoramic radiography in dentistry. *Clinical Dentistry Reviewed*. **5**(1): 26.
- 26 Resnik R. *Misch's Contemporary Implant Dentistry E-Book: Misch's Contemporary Implant Dentistry E-Book*. Elsevier Health Sciences, 2020.
- 27 Widodo BS, Jiwatami AMA. 2023. Studi Awal Teknik Perekaman Citra pada Perangkat Medis untuk Efisiensi Distribusi Citra Medis. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*. **5**(1): 24-33.