e-GiGi 2027; Volume 15, Nomor 1: 112-120
DOI: https://doi.org/10.35790/61a81622
URL Homepage: https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/egigi

Akurasi Metode TCI Khoman Terhadap Estimasi Usia 17–25 Tahun Menggunakan Radiograf Panoramik

Accuracy of the Khoman TCI Method for Age Estimation in 17–25 Years Using Panoramic Radiographs

Yosephine S. Sinaga,[1] Erwin G. Kristanto,[2] Ryan I. Tunggal[1]

[1]Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
[2]Bidang Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
Email: yosephinesinaga0708@gmail.com; erwinkristanto@unsrat.ac.id; ryan.tunggal@unsrat.ac.id
Received: July 16, 2026; Accepted October 19, 2026; Published online: October 23, 2026

Abstract: Tooth Coronal Index (TCI) is an age estimation method in forensic identification that has been adapted by Khoman for the Indonesian population. This study aimed to assess the accuracy of Khoman's TCI method in estimating the chronological age of individuals aged 17–25 years using panoramic radiographs of mandibular canines, premolars, and molars. This was a quantitative and observational study with a cross-sectional design. The study was conducted on 90 radiographs at Indrasari Rengat Regional Hospital, Indragiri Hulu Regency, Riau, using linear regression analysis and correlation tests. The results showed varying levels of accuracy, with premolars showing the best performance compared to the other teeth. The combination of the three types of teeth provided the optimal results with an accuracy rate of 70%, higher than canines (54%), premolars (60%), and molars (58%). In conclusion, the combination of mandibular canines, premolars, and molars using the Khoman TCI method on panoramic radiographs can be used as a non-invasive approach for age estimation in late adolescents.
Keywords: canine; molar; premolar; panoramic radiograph; Khoman Tooth Coronal Index method

Abstrak: *Tooth Coronal Index* (TCI) merupakan metode estimasi usia dalam identifikasi forensik yang telah disesuaikan oleh Khoman untuk populasi Indonesia. Penelitian ini bertujuan menilai akurasi metode TCI Khoman dalam memperkirakan usia kronologis individu usia 17–25 tahun menggunakan radiograf panoramik pada gigi *caninus*, premolar, dan molar rahang bawah. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif observasional dengan desain potong lintang yang dilakukan pada 90 radiograf di RSUD Indrasari Rengat, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau, dengan analisis regresi linear dan uji korelasi. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa tingkat akurasi bervariasi, dengan premolar menunjukkan performa terbaik dibandingkan gigi lainnya. Kombinasi ketiga jenis gigi memberikan hasil optimal dengan tingkat akurasi 70%, lebih tinggi dibandingkan *caninus* (54%), premolar (60%), dan molar (58%). Simpulan penelitian ini ialah kombinasi gigi *caninus*, premolar, dan molar rahang bawah menggunakan metode TCI Khoman pada radiograf panoramik dapat digunakan sebagai pendekatan non-invasif untuk estimasi usia remaja akhir.
Kata kunci: *caninus*; molar; premolar; radiograf panoramik; *Tooth Coronal Index* Khoman

PENDAHULUAN

Estimasi usia merupakan salah satu komponen penting dalam proses identifikasi forensik, baik pada individu hidup maupun jenazah yang identitasnya belum diketahui. Gigi dapat digunakan sebagai indikator usia karena memiliki ketahanan yang tinggi dan mengalami perubahan biologis secara bertahap. Salah satu perubahan tersebut ialah deposisi dentin sekunder yang berlangsung seiring bertambahnya usia dan menyebabkan penyempitan rongga pulpa. Pada kelompok usia 17–25 tahun, perubahan tersebut perlu dikaji karena deposisi dentin sekunder telah berlangsung, tetapi perubahan ukuran rongga pulpa relatif kecil belum sejelas pada kelompok usia yang lebih tua.[1,2] Oleh karena itu, kelompok usia 17–25 tahun penting dikaji untuk mengetahui apakah perubahan tersebut dapat menghasilkan estimasi usia.

Perubahan ukuran rongga pulpa menjadi dasar metode *Tooth Coronal Index* (TCI), yang diperkenalkan oleh Ikeda et al[3] dan selanjutnya dikembangkan oleh Drusini et al.[4] Metode TCI dilakukan dengan membandingkan tinggi rongga pulpa koronal (*Coronal Pulp Cavity Height*/ CPCH) dengan tinggi mahkota gigi (*Crown Height*/CH). Deposisi dentin sekunder menyebabkan ukuran rongga pulpa semakin mengecil sehingga nilai TCI cenderung menurun seiring bertambahnya usia kronologis. Metode ini dapat diterapkan pada radiograf panoramik dan digunakan sebagai pendekatan non-destruktif dalam estimasi usia.[4,5] Berbeda dengan metode estimasi usia yang didasarkan pada tahap perkembangan gigi, metode TCI memanfaatkan perubahan ukuran rongga pulpa yang berkaitan dengan deposisi dentin sekunder setelah gigi mengalami maturasi.[1,4] Metode ini dapat diterapkan pada individu dewasa karena perubahan pada rongga pulpa dapat digunakan sebagai indikator yang berkaitan dengan pertambahan usia.[4,6]

Penelitian oleh Nagi et al[5] menunjukkan bahwa metode TCI pada radiograf panoramik digital memiliki korelasi negatif yang bermakna dengan usia kronologis. Di Indonesia, Khoman[6] mengembangkan persamaan regresi TCI berdasarkan karakteristik populasi Indonesia menggunakan radiograf periapikal pada individu usia 16–70 tahun. Perbedaan metode TCI Khoman dengan metode TCI sebelumnya tidak terletak pada rumus penghitungan nilai TCI, tetapi pada persamaan regresi yang dikembangkan secara khusus berdasarkan populasi Indonesia. Penelitian Azizah[7] dan Shany[8] juga menunjukkan bahwa metode TCI Khoman dapat digunakan untuk estimasi usia pada kelompok usia muda. Metode TCI Khoman dipilih dalam penelitian ini karena persamaan regresinya dikembangkan berdasarkan populasi Indonesia dan tersedia untuk gigi *caninus*, premolar, serta molar yang diteliti. Selain itu, kelompok usia 17–25 tahun termasuk dalam rentang usia pengembangan metode tersebut.[6] Namun, persamaan TCI Khoman dikembangkan menggunakan radiograf periapikal dan rentang usia yang luas sehingga penerapannya pada radiograf panoramik dalam kelompok usia 17–25 tahun belum dapat diasumsikan menghasilkan tingkat ketepatan yang sama. Perbedaan distorsi, perbesaran, dan ketajaman batas anatomis antara radiograf periapikal dan panoramik dapat memengaruhi pengukuran tinggi mahkota serta tinggi rongga pulpa koronal.[9-11] Selain itu, perubahan rongga pulpa pada kelompok usia 17–25 tahun relatif lebih kecil dibandingkan kelompok usia yang lebih tua karena deposisi dentin sekunder masih berlangsung secara bertahap.[2]

Penelitian ini menggunakan radiograf panoramik karena dapat menampilkan seluruh lengkung rahang dan beberapa jenis gigi dalam satu kali paparan dengan dosis radiasi relatif rendah.[9] Pengukuran dilakukan pada gigi *caninus*, premolar, dan molar rahang bawah karena memiliki anatomi yang relatif stabil dan rongga pulpa yang dapat diamati. Selain itu, regio posterior rahang bawah memiliki distorsi yang lebih kecil dibandingkan regio anterior pada radiograf panoramik.[10,11] Nilai TCI yang diperoleh dari pengukuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi Khoman untuk menghasilkan usia estimasi yang dibandingkan dengan usia kronologis. Tujuan penelitian ini untuk menilai keakuratan estimasi usia yang dihasilkan oleh persamaan regresi TCI Khoman pada individu usia 17–25 tahun menggunakan radiograf panoramik.

METODE PENELITIAN

Penelitian kuantitatif ini menggunakan metode deskriptif observasional dan desain potong lintang. Penelitian dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Indrasari Rengat, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau pada bulan November 2025–Mei 2026. Populasi penelitian berupa radiograf panoramik individu usia 17–25 tahun yang tersimpan dalam arsip data sekunder tahun 2024-2025 milik Instalasi Radiologi RSUD Indrasari Rengat. Sampel penelitian berjumlah 90 radiograf yang dipilih menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Setiap kelompok usia kronologis dari 17 hingga 25 tahun terdiri atas 10 radiograf.

Data penelitian diperoleh dari radiograf panoramik digital yang menampilkan gigi *caninus,* premolar, dan molar rahang bawah kanan pada individu usia 17–25 tahun dengan kualitas radiograf yang memenuhi syarat dan telah diverifikasi oleh ekspertis. Seluruh data dianonimkan untuk menjaga kerahasiaan subjek penelitian. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Rumah Sakit Umum Daerah Tipe B Provinsi Sulawesi Utara dengan nomor surat No. 031/EC/KEPK-RSUD/XII/2025.

Pengukuran dilakukan menggunakan aplikasi pengukuran radiograf digital terhadap parameter *Crown Height* (CH) dan *Coronal Pulp Cavity Height* (CPCH), yaitu jarak vertikal dari CEJ hingga titik tertinggi tanduk pulpa. Nilai *Tooth Coronal Index* (TCI) dihitung menggunakan rumus:

$$\mathrm{TCI} = \frac{\mathrm{CPCH} \times 100}{\mathrm{CH}}$$

Keterangan: TCI = *Tooth Coronal Index;* CPCH = *Coronal Pulp Cavity Height;* CH = *Crown Height*

Nilai TCI masing-masing gigi kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear Khoman sesuai dengan jenis gigi untuk memperoleh usia estimasi. Persamaan regresi TCI Khoman yang digunakan ialah sebagai berikut: usia estimasi *caninus* = 82,471-1,184 (TCI_C); usia estimasi premolar =95,659-1,686 (TCI_P); dan usia estimasi molar = 91,606-1,532 (TCI_M)
Keterangan: *TCI_C = nilai Tooth Coronal Index gigi caninus; TCI_P= nilai Tooth Coronal Index gigi premolar; TCI_M= nilai Tooth Coronal Index gigi molar*

Hasil perhitungan masing-masing persamaan dinyatakan sebagai usia estimasi dalam satuan tahun dan selanjutnya dibandingkan dengan usia kronologis subjek. Sebagai contoh perhitungan, bila pengukuran gigi *caninus* menghasilkan CH sebesar 10 mm dan CPCH sebesar 5 mm, nilai TCI_C ialah $(5 \times 100)/10 = 50$. Nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan *caninus* sehingga diperoleh usia estimasi sebesar $82{,}471 - 1{,}184(50) = 23{,}271$ atau 23,27 tahun.

Analisis data dilakukan menggunakan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, regresi linear sederhana (unifaktorial), dan regresi linear berganda (multifaktorial) untuk mengevaluasi hubungan antara nilai TCI dan usia kronologis berdasarkan gigi *caninus*, premolar, dan molar rahang bawah kanan. Nilai usia estimasi diperoleh dengan memasukkan nilai TCI ke dalam persamaan regresi Khoman sesuai jenis gigi. *Standard Error of Estimate* (SEE) digunakan untuk menentukan batas toleransi operasional berdasarkan usia kronologis ±SEE. Batas toleransi tersebut selanjutnya digunakan untuk mengelompokkan usia estimasi yang sesuai dan tidak sesuai pada setiap kelompok usia. Model regresi yang dihasilkan tidak dimaksudkan sebagai persamaan estimasi usia baru ataupun sebagai pengganti persamaan Khoman.

HASIL PENELITIAN

Secara keseluruhan, sampel berasal dari 53 subjek laki-laki dan 37 subjek perempuan. Tabel 1 memperlihatkan distribusi sampel berdasarkan usia dan jenis kelamin.

Tabel 2 memperlihatkan rerata nilai TCI pada gigi *caninus* cenderung menurun seiring bertambahnya usia kronologis. Sebaliknya, rerata usia prediksi meningkat seiring bertambahnya usia kronologis pada rentang 17–25 tahun. Pola tersebut memperlihatkan bahwa penurunan nilai

TCI sejalan dengan peningkatan usia kronologis, sesuai dengan prinsip TCI. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan TCI Khoman dengan radiograf panoramik pada gigi *caninus* dapat digunakan untuk memrediksi usia kronologis 17–25 tahun.

Tabel 1. Distribusi sampel berdasarkan usia dan jenis kelamin

No.	Usia (tahun)	Laki-laki	Perempuan	Jumlah
1.	17	7	3	10
2.	18	6	4	10
3.	19	4	6	10
4.	20	7	3	10
5.	21	7	3	10
6.	22	4	6	10
7.	23	6	4	10
8.	24	5	5	10
9.	25	7	3	10
Total		53	37	90

Tabel 2. Hasil analisis statistik deskriptif TCI *caninus*

Usia kronologis (tahun)	n	TCI c*caninus*		
		Rerata TCI	Rerata usia prediksi	Korelasi
17	10	54,241	17,992	C
18	10	54,253	18,236	+
19	10	53,241	19,434	+
20	10	52,050	20,844	+
21	10	50,963	22,131	+
22	10	50,238	22,989	+
23	10	49,610	23,733	+
24	10	48,890	24,585	+
25	10	48,088	25,535	+

Keterangan: C = usia acuan pembanding

Tabel 3 memperlihatkan bahwa rerata nilai TCI pada gigi premolar cenderung menurun seiring bertambahnya usia kronologis. Sebaliknya, rerata usia prediksi meningkat seiring bertambahnya usia kronologis pada rentang 17–25 tahun. Pola tersebut memperlihatkan bahwa penurunan nilai TCI sejalan dengan peningkatan usia kronologis, yang sesuai dengan prinsip TCI. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan TCI Khoman dengan radiograf panoramik pada gigi premolar dapat digunakan untuk memrediksi usia kronologis 17–25 tahun.

Tabel 3. Hasil analisis statistik deskriptif TCI premolar

Usia kronologis (tahun)	n	TCI premolar		
		Rerata TCI	Rerata usia prediksi	Korelasi
17	10	46,605	17,083	C
18	10	45,988	18,124	+
19	10	45,513	18,923	+
20	10	44,750	20,210	+
21	10	44,138	21,242	+
22	10	43,723	21,942	+
23	10	42,962	23,224	+
24	10	42,439	24,107	+
25	10	41,696	25,359	+

Keterangan: C = usia acuan pembanding

Tabel 4 memperlihatkan bahwa rerata nilai TCI pada gigi molar cenderung menurun seiring bertambahnya usia kronologis. Sebaliknya, rerata usia prediksi meningkat seiring bertambahnya usia kronologis pada rentang 17–25 tahun. Pola tersebut memperlihatkan bahwa penurunan nilai TCI sejalan dengan peningkatan usia kronologis, sesuai dengan prinsip TCI. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan TCI Khoman dengan radiograf panoramik pada gigi molar dapat digunakan untuk memrediksi usia kronologis 17–25 tahun.

Tabel 4. Hasil analisis statistik deskriptif TCI molar

Usia kronologis (tahun)	n	TCI molar		
		Rerata TCI	Rerata usia prediksi	Korelasi
17	10	48,486	17,326	C
18	10	47,874	18,262	+
19	10	47,356	19,057	+
20	10	46,373	20,563	+
21	10	45,985	21,158	+
22	10	45,218	22,332	+
23	10	44,361	23,645	+
24	10	43,975	24,236	+
25	10	43,141	25,513	+

Keterangan: C = usia acuan pembanding

Tabel 5 memperlihatkan hasil analisis korelasi Pearson yaitu nilai TCI pada gigi *caninus*, premolar, dan molar menunjukkan hubungan negatif yang sangat kuat dan bermakna dengan usia kronologis ($p<0,001$). Hubungan terkuat ditemukan pada gigi premolar, diikuti gigi molar dan *caninus*. Arah hubungan negatif menunjukkan bahwa semakin bertambah usia kronologis, nilai TCI cenderung semakin kecil. Nilai TCI yang semakin kecil menunjukkan penyempitan perbandingan tinggi rongga pulpa koronal terhadap tinggi mahkota akibat deposisi dentin sekunder.

Tabel 5. Hasil analisis korelasi TCI dengan usia kronologis

Jenis gigi	Pearson's r	Nilai p	Interpretasi
Caninus	−0,942	<0,001	Hubungan negatif sangat kuat dan bermakna
Premolar	−0,977	<0,001	Hubungan negatif sangat kuat dan bermakna
Molar	−0,973	<0,001	Hubungan negatif sangat kuat dan bermakna

Tabel 6 memperlihatkan hasil pengujian unifaktorial yang menunjukkan penggunaan satu jenis gigi menghasilkan proporsi kesesuaian sebesar 54% pada *caninus*, 60% pada premolar, dan 58% pada molar. Persentase tersebut dihitung berdasarkan jumlah usia estimasi yang berada dalam rentang usia kronologis ± SEE. Pada gigi *caninus* terdapat 49 dari 90 estimasi yang masuk rentang, pada premolar terdapat 54 dari 90 estimasi, dan pada molar terdapat 52 dari 90 estimasi. Premolar menunjukkan proporsi kesesuaian tertinggi, diikuti molar dan *caninus*. Nilai rerata unifaktorial sebesar 57,33% diperoleh dari rerata persentase ketiga jenis gigi, yaitu (54% + 60% + 58%)/3.

Tabel 6. Akurasi TCI Khoman terhadap estimasi usia 17–25 tahun dengan pendekatan unifaktorial

TCI Khoman	Akurasi
TCI *caninus*	54%
TCI premolar	60%
TCI molar	58%
Rerata	57,33%

Tabel 7 memperlihatkan hasil analisis penggunaan ketiga jenis gigi secara bersamaan melalui

pendekatan multifaktorial, yang mendapatkan bahwa ketika ketiga gigi digabungkan, tingkat akurasi TCI Khoman menggunakan radiograf panoramik meningkat menjadi 70% dibandingkan penggunaan satu gigi saja. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi beberapa gigi memberikan hasil estimasi usia yang lebih mendekati usia kronologis dan lebih konsisten.

Tabel 7. Akurasi TCI Khoman terhadap estimasi usia 17–25 tahun dengan pendekatan multifaktorial

		TCI Khoman			
Usia (tahun)	**N**	**Rentang usia prediksi**	**MR**	**TMR**	**Akurasi**
17	10	16,337 – 17,663	6	4	60%
18	10	17,337 – 18,663	8	2	80%
19	10	18,337 – 19,663	8	2	80%
20	10	19,337 – 20,663	6	4	60%
21	10	20,337 – 21,663	6	4	60%
22	10	21,337 – 22,663	6	4	60%
23	10	22,337 – 23,663	6	4	60%
24	10	23,337 – 24,663	9	1	90%
25	10	24,337 – 25,663	8	2	80%
Rerata					70%

Keterangan: Rentang Usia Prediksi = Usia ± *Standard Error of Estimate* (0,663); MR = Masuk rentang; TMR = Tidak masuk rentang

BAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data, ditemukan pola yang sangat konsisten yakni semakin bertambah usia kronologis dari 17–25 tahun, semakin meningkat pula rerata usia prediksi pada gigi *caninus*, premolar, maupun molar. Hal ini menandakan bahwa metode TCI Khoman menggunakan radiograf panoramik mampu mengikuti arah pertambahan usia secara logis. Tidak ada pola yang terbalik atau menyimpang jauh, sehingga dapat dikatakan bahwa metode ini bekerja sesuai prinsip dasarnya. Artinya, perubahan struktur gigi yang diukur memang berkaitan dengan proses penuaan biologis.[7]

Jika dilihat dari masing-masing jenis gigi, premolar menunjukkan tingkat ketepatan yang sedikit lebih baik dibandingkan *caninus* dan molar pada pendekatan satu gigi (unifaktorial). Temuan ini sejalan dengan penelitian Azizah[7] dan Shany[8] yang juga melaporkan bahwa TCI premolar cenderung mendekati usia kronologis dibanding gigi molar dan caninus. Penelitian Azizah[7] menggunakan populasi orang Indonesia pada rentang usia 8–25 tahun, sedangkan penelitian Shany[8] menggunakan populasi orang Indonesia usia 8–16 tahun. Perbedaan rentang usia tersebut disesuaikan dengan metode pembanding yang digunakan pada masing-masing penelitian, yaitu metode atlas Blenkin-Taylor pada penelitian Azizah[7] dan metode Demirjian pada penelitian Shany.[8] Hal ini sejalan dengan penjelasan Azizah[7] yaitu adanya variasi deposisi dentin sekunder dimana deposisi dentin sekunder gigi posterior paling besar jumlahnya pada dasar kamar pulpa, sedangkan gigi anterior paling banyak pada dinding palatal kamar pulpa. *Caninus* memiliki akurasi yang cukup stabil yang kemungkinan disebabkan karena gigi *caninus* merupakan gigi terakhir yang erupsi pada periode gigi bercampur sehingga terkadang didapatkan malposisi gigi sebagai penyebab perhitungan radiograf yang kurang baik, sedangkan molar menunjukkan akurasi yang fluktuatif pada beberapa kelompok usia.[8] Meskipun gigi molar memiliki akurasi yang fluktuatif, pemilihan regio mandibula secara umum tetap direkomendasikan untuk analisis TCI. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Yolanti et al,[12] gambaran ruang pulpa pada area posterior rahang bawah tervisualisasi dengan lebih jelas dan tegas pada radiograf panoramik dibandingkan rahang atas, sehingga perubahan dimensi akibat deposisi dentin sekunder dapat diidentifikasi dengan lebih baik.

Adanya perbedaan hasil tersebut dapat dijelaskan secara teoritis karena setiap gigi memiliki bentuk anatomi, ukuran ruang pulpa, serta pola pembentukan dentin sekunder yang berbeda.

Dalam teori TCI Khoman dijelaskan bahwa penyempitan ruang pulpa akibat pembentukan dentin sekunder menjadi indikator utama dalam estimasi usia. Karena struktur tiap gigi tidak sama, maka responsnya terhadap proses penuaan juga tidak identik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Shany[8] yang mengungkapkan bahwa TCI Khoman dapat digunakan sebagai referensi metode estimasi usia karena dapat menggunakan hanya salah satu gigi baik gigi insisivus, *caninus*, premolar, dan molar. Shany[8] juga menjelaskan bahwa untuk estimasi usia yang membutuhkan hasil akurat seperti kasus pembuktian hukum, metode TCI Khoman perlu dikombinasi dengan metode estimasi usia lainnya untuk memberikan konfirmasi estimasi usia yang lebih akurat.

Merujuk pada saran kombinasi yang disebutkan tersebut, penelitian ini kemudian merekomendasikan kombinasi yang lebih sederhana melalui pendekatan multifaktorial yaitu ketika *caninus*, premolar, dan molar dikombinasikan maka tingkat akurasi meningkat dibandingkan penggunaan satu gigi saja. Hal ini menunjukkan bahwa penggabungan beberapa indikator memberikan hasil yang lebih mendekati usia kronologis. Secara teori dalam odontologi forensik, penggunaan lebih dari satu parameter memang dianjurkan karena dapat saling menutupi kekurangan masing-masing indikator. Jika satu gigi memiliki variasi individu yang cukup besar, maka gigi lainnya dapat membantu menyeimbangkan hasil estimasi. Hasil penelitian ini memperkuat konsep tersebut.[13,14] Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa metode TCI pada radiograf panoramik dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan dalam estimasi usia. Hasil ini sejalan dengan penelitian Sukhwani et al[15] yang mengevaluasi TCI pada radiograf panoramik digital dan menunjukkan adanya hubungan antara TCI dan usia kronologis pada molar pertama mandibula.

Selain itu, hasil akurasi yang didapatkan menunjukkan bahwa metode TCI Khoman cukup layak digunakan pada rentang usia 17–25 tahun, namun tetap memiliki keterbatasan karena sangat bergantung pada kualitas radiograf. Secara metodologis, pemilihan jenis radiografi memegang peranan krusial terhadap tingkat akurasi ini. Savitri et al[16] melaporkan bahwa penggunaan radiografi periapikal terbukti menghasilkan selisih *error* yang jauh lebih kecil dibandingkan radiografi panoramik. Sebagai gambaran, pada gigi molar satu, nilai selisih rerata usia kronologis dengan estimasi TCI pada panoramik mencapai 11,406 tahun, sementara pada periapikal mengecil menjadi hanya 2,080 tahun. Distorsi, efek perbesaran, serta superimposisi yang kerap terjadi pada radiograf panoramik menjadi faktor utama yang membatasi ketajaman batas ruang pulpa. Meskipun demikian, radiograf panoramik tetap digunakan dalam penelitian ini karena memberikan cakupan lengkung rahang yang luas dalam satu paparan dengan dosis radiasi yang relatif rendah, serta ketersediaannya yang lebih luas di berbagai fasilitas kesehatan. Hal ini menjadikan radiograf panoramik lebih *feasible* untuk aplikasi penelitian berbasis identifikasi forensik.

Secara teoritis, pada kelompok usia 17–25 tahun, pembentukan dentin sekunder telah terjadi, tetapi perubahan kumulatif pada rongga pulpa belum sebesar pada kelompok usia yang lebih tua. Deposisi dentin sekunder berlangsung secara bertahap seiring bertambahnya usia dan menyebabkan penyempitan rongga pulpa. [1] Agematsu et al[2] melalui pengamatan menggunakan micro-CT menunjukkan bahwa volume rongga pulpa mengalami penurunan akibat pembentukan dentin sekunder yang berkaitan dengan pertambahan usia, dengan perubahan yang lebih nyata pada kelompok usia yang lebih tua. Temuan tersebut mendukung bahwa pada kelompok usia 17–25 tahun deposisi dentin sekunder telah berlangsung, tetapi penyempitan rongga pulpa yang terjadi masih relatif terbatas.

Selain pertambahan usia, deposisi dentin sekunder dapat dipengaruhi oleh beban oklusal selama fungsi pengunyahan. Nudel et al[17] mengemukakan bahwa tekanan oklusal mungkin berperan dalam pembentukan dentin sekunder. Perbedaan beban oklusal antar individu dapat berkontribusi terhadap variasi penyempitan rongga pulpa sehingga berpotensi memengaruhi hasil pengukuran TCI, meskipun individu berada dalam kelompok usia yang sama. Selain itu, Mattalittiet al[18] melaporkan bahwa tidak terdapat perbedaan bermakna antara usia hasil estimasi berdasarkan ukuran rongga pulpa dan usia kronologis. Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini dan mendukung potensi penggunaan perubahan ukuran rongga pulpa melalui metode TCI sebagai dasar estimasi usia.

Merujuk pada uraian sebelumnya, dapat dimaknai hasil penelitian ini mendukung penjelasan bahwa perubahan ukuran ruang pulpa akibat proses penuaan dapat dijadikan dasar estimasi usia. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan kelompok usia 17–25 tahun tetap relevan untuk menilai kinerja persamaan TCI Khoman ketika perubahan rongga pulpa akibat deposisi dentin sekunder masih relatif terbatas. Hasil penelitian ini juga menegaskan bahwa pendekatan multifaktorial lebih disarankan karena memberikan hasil yang lebih konsisten dan lebih mendekati usia kronologis dibandingkan pendekatan satu gigi saja. Dengan demikian, temuan penelitian ini tidak hanya selaras dengan teori, tetapi juga memperkuat penerapan metode TCI Khoman menggunakan radiograf panoramik dalam konteks identifikasi usia pada kelompok usia 17–25 tahun.

SIMPULAN

Metode *Tooth Coronal Index* (TCI) Khoman menunjukkan tingkat keakuratan yang berbeda pada setiap jenis gigi dalam memperkirakan usia kronologis individu usia 17–25 tahun menggunakan radiograf panoramik. Tingkat keakuratan pada gigi *caninus* rahang bawah sebesar 54%, premolar 60%, dan molar 58%. Sementara itu, penggunaan kombinasi gigi *caninus*, premolar, dan molar rahang bawah secara simultan memberikan tingkat keakuratan tertinggi, yaitu sebesar 70%.

Disarankan penelitian selanjutnya memperluas jumlah dan rentang usia sampel serta mengombinasikan metode TCI dengan metode lain untuk meningkatkan akurasi estimasi usia.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam studi ini.

Pernyataan penggunaan artificial intelligence (AI)

Penulis menyatakan tidak terdapat penggunaan *artificial intelligence* dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nudel I, Pokhojaev A, Hausman BS, Bitterman Y, Shpack N, May H, et al. Age estimation of fragmented human dental remains by secondary dentin virtual analysis. Int J Legal Med. 2020;134(5):1853–60. Doi: https://doi.org/10.1007/s00414-020-02366-1
2. Agematsu H, Someda H, Hashimoto M, Matsunaga S, Abe S, Kim HJ, et al. Three-dimensional observation of decrease in pulp cavity volume using micro-CT: age-related change. Bull Tokyo Dent Coll. 2010;51(1):1–6. Doi: https://doi.org/10.2209/tdcpublication.51.1
3. Ikeda N, Umetsu K, Kashimura S, Suzuki T, Oumi M. Estimation of age from teeth with their soft X-ray finding. Nihon Hoigaku Zasshi. 1985;39(3):244-50. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4087521/
4. Drusini AG, Toso O, Ranzato C. The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. Am J Phys Anthropol. 1997;103(3):353-63. Doi: https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199707)103:3<353::AID-AJPA5>3.0.CO;2-R.
5. Nagi R, Jain S, Agrawal P, Prasad S, Tiwari S, Naidu GS. Tooth coronal index: Key for age estimation on digital panoramic radiographs. J Indian Acad Oral Med Radiol 2018;30(1):64-7. Doi: https://doi.org/10.4103/jiaomr.jiaomr_139_17
6. Khoman JA. Estimasi usia 16–70 tahun menggunakan metode Tooth Coronal Index pada radiograf periapikal [Tesis]. Jakarta: Universitas Indonesia; 2015. Available from: https://lib.ui.ac.id/detail?id=20415564
7. Azizah BN. Analisis uji estimasi usia 8-25 tahun menggunakan rumus metode tooth-coronal-index-khoman dibandingkan dengan metode atlas Blenkin Taylor [Skripsi]. Jakarta: Universitas Indonesia; 2018. Available from: https://lib.ui.ac.id/detail?id=20482637&lokasi=lokal
8. Shany LP. Uji estimasi usia 8–16 tahun menggunakan rumus TCI-Khoman dibandingkan dengan metode Demirjian [Skripsi]. Jakarta: Universitas Indonesia; 2018. Available from: https://lib.ui.ac.id/detail?id=20481797&lokasi=lokal
9. Izzetti R, Nisi M, Aringhieri G, Crocetti L, Graziani F, Nardi C. Basic knowledge and new advances in panoramic radiography imaging techniques: a narrative review on what dentists and radiologists should know. Appl Sci. 2021;11(17):7858. Doi: https://doi.org/10.3390/app11177858
10. Rondon RH, Pereira YC, do Nascimento GC. Common positioning errors in panoramic radiography: A review. Imaging Sci Dent. 2014;44(1):1-6. Doi: https://doi.org/10.5624/isd.2014.44.1.1
11. Różyło-Kalinowska I. Panoramic radiography in dentistry. Clin Dent Rev. 2021;5(1):26. Doi: https://doi.org/10.1007/s41894-021-00111-4

12. Yolanti RI, Sitam S, Wandawa G, Pramanik F. Estimasi usia prajurit TNI AL berdasarkan Tooth Coronal Index pada digital radiograf panoramik. Jurnal Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia. 2020;4(3):61-6. Doi: https://doi.org/10.32793/jrdi.v4i3.591
13. Bjelopavlovic M, Reder SR, Fritzen I, Brockmann MA, Hardt J, Petrowski K. Forensic age estimation: A multifactorial approach in a retrospective population study. Diagnostics (Basel). 2023;13(12):2029. Doi: https://doi.org/10.3390/diagnostics13122029
14. De Tobel J, Fieuws S, Hillewig E, Phlypo I, Verstraete K, Thevissen P. Multi-factorial age estimation: A Bayesian approach combining dental and skeletal magnetic resonance imaging. Forensic Sci Int. 2020;306(1):110054. Doi: https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.110054
15. Sukhwani J, Deoghare A, Fating C, Jha SK, Biranjan R. Evaluation of tooth coronal index bicervical diameter in mesiodistal direction & modified kvaals method for age and gender determination using digital panoramic radiographs: A retrospective study. IP Int J Maxillofac Imaging. 2020;6(3):71-8. Doi: https://doi.org/10.18231/j.ijmi.2020.019
16. Savitri Y, Astuti ER, Putra RH, Wahyuni OR, Saputra D, Mardi SW, et al. Estimasi usia menggunakan metode Tooth Coronal Index (TCI) gigi premolar dua dan molar satu rahang bawah dengan pengamatan panoramik dan periapikal. Dentomaxillofacial Radiology Dental Journal. 2016;7(1):19-24. Available from: https://repository.unair.ac.id/108250/1/Artikel%2058.%20Estimasi%20usia%20menggunakan%20metode%20Tooth%20Coronal%20Index%20%28TCI%29%20gigi%20premolar%20dua%20dan%20molar%20satu%20%20rahang%20bawah%20dengan%20pengamatan%20panoramik%20dan%20periapikal.pdf
17. Nudel I, Pokhojaev A, Bitterman Y, Shpack N, Fiorenza L, Benazzi S, et al. Secondary dentin formation mechanism: the effect of attrition. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(19):9961. Doi: https://doi.org/10.3390/ijerph18199961
18. Mattalitti SFO, Anas R, Mahmudin N. Uji perbedaan ukuran ruang pulpa gigi menggunakan radiografi periapikal dengan usia kronologis pasien di RSIGM FKG UMI. IJOH: Indonesian Journal of Public Health. 2024;2(2):180-6. Available from: https://jurnal.academiacenter.org/index.php/IJOH/article/download/328/352/706