

Ulasan Sistematis

Penggunaan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi: *systematic review*

Bunga Hasna Adilah¹
Anton Rahardjo^{1*}
Armasastra Bahar¹

*Korespondensi
antonrahardjo@gmail.com

¹Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat dan Pencegahan, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

Submisi: 12 April 2023
Revisi: 26 Mei 2023
Penerimaan: 27 Juni 2023
Publikasi Online: 30 bulan 2023
DOI: [10.24198/pjdrs.v7i2.47453](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v7i2.47453)

ABSTRAK

Pendahuluan: Pemeriksaan klinis secara langsung telah menjadi *gold standard* untuk skrining karies; namun, karena keterbatasannya, *teledentistry* mulai dikembangkan sebagai metode alternatif untuk pemeriksaan karies jarak jauh. *Mobile teledentistry* merupakan salah satu pengembangan dari *telemedicine* yang memanfaatkan teknologi *smartphone photography* karena mudah digunakan, relatif murah, dan dapat dibawa kemana saja. Tujuan ulasan sistematis ini adalah melihat bagaimana penggunaan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* sebagai alat alternatif untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi, serta apakah *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* merupakan alat yang akurat dan *reliable* untuk pemeriksaan karies pada survey epidemiologi. **Metode:** Pengumpulan data dalam penulisan ulasan sistematis sesuai dengan pedoman PRISMA *statement*. Penjaringan artikel dari berbagai literatur yang diterbitkan 10 tahun terakhir, yang dicari melalui database PubMed, ProQuest, dan Science Direct. Pemilihan artikel disesuaikan dengan formula PICOS. Uji kelayakan dan kualitas studi artikel penelitian yang diinklusi dilakukan menggunakan kriteria CEBM untuk penelitian *Diagnostic Accuracy*. **Hasil:** Terjaring 6 artikel penelitian dari total 242 artikel yang didapatkan terkait dengan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* untuk pemeriksaan karies pada skrining gigi dan mulut. Penelitian menunjukkan tingkat sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi yang tinggi ($> 80\%$) serta reliabilitas yang cukup baik ($Kappa > 0,81$). Pemeriksaan karies dengan metode *smartphone photography* memiliki kelemahan diantaranya variasi kualitas foto intra oral dan ketidakmampuan foto untuk mendeteksi karies pada lokasi tertentu. **Simpulan:** *Smartphone photography* pada *mobile teledentistry* merupakan alat yang sensitif dan dapat diandalkan sebagai alternatif untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi. Beberapa faktor, seperti teknik pengambilan foto, kualitas pencahayaan dan kemampuan operator perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan karies.

KATA KUNCI: *Smartphone photography, mobile teledentistry, pemeriksaan karies, skrining*

The use of smartphone photography on mobile teledentistry for caries examination in epidemiological surveys: systematic review

ABSTRACT

Introduction: Direct clinical examination has been the gold standard for screening dental caries; however, due to its various limitations, *teledentistry* has been developed as an alternative screening method for a remote dental caries examination. *Mobile teledentistry* is one of the *telemedicine* developments that employ *smartphone photography* technology because it is user-friendly, reasonably affordable, and portable. The purpose of this systematic review is to see how *smartphone photography* on *mobile teledentistry* is used as an alternative tool for caries examination in epidemiological surveys, and whether *smartphone photography* on *mobile teledentistry* is an accurate and reliable tool for dental caries examination in an epidemiological survey. **Methods:** Data collection was according to the PRISMA *statement* guidelines. Articles were screened from various literature published in the last 10 years, which were searched through the PubMed, ProQuest, and Science Direct databases. The selection of articles was adjusted according to the PICOS formula. The feasibility and quality tests of the included research articles were carried out using the CEBM criteria for *Diagnostic Accuracy* research. **Results:** There were six research publications out of 242 search results that were related to *smartphone photography* in *mobile teledentistry* for caries examination in dental screening. The studies showed high levels of sensitivity, specificity and accuracy ($> 80\%$) as well as fairly good reliability ($Kappa > 0.81$). Caries examination using *smartphone photography* method has weaknesses, such as variations in the quality of intra-oral photos and the inability of photos to detect caries in certain locations. **Conclusion:** *Smartphone photography* on *mobile teledentistry* is a sensitive and reliable tool as an alternative for caries examination in epidemiological surveys. However, several factors such as the photography technique, the quality of light and the camera operator's skills need to be taken into consideration because they can affect the results of caries examination.

KEY WORDS: *Smartphone photography, mobile teledentistry, caries examination, caries screening*

PENDAHULUAN

Karies gigi merupakan salah satu penyakit gigi dan mulut yang masih banyak terjadi di dunia, termasuk di Indonesia. Karies gigi di Indonesia merupakan masalah gigi dengan proporsi terbesar, yaitu sebesar 45,3% menurut data Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2018.¹ Karies dapat menyebabkan rasa nyeri, infeksi, dan kehilangan gigi, yang bisa mengganggu aktivitas sehari-hari.^{2,3} Karies tidak bisa sembuh dengan sendirinya, tetapi dampak dari karies dapat dicegah atau dikurangi, salah satunya dengan cara diagnosis dini melalui skrining dan pemeriksaan gigi.⁴

Pemeriksaan klinis secara langsung telah menjadi *gold standard* untuk skrining karies gigi.⁴ Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa pemeriksaan visual tanpa adanya tambahan metode lain merupakan strategi yang paling baik untuk memeriksa karies.^{5,6} Skrining dengan metode pemeriksaan visual secara langsung terkadang menjadi hambatan karena survei epidemiologi dengan jumlah populasi yang besar dan penyebaran wilayah yang luas membutuhkan dana dan sumber daya manusia yang banyak.⁴ Masa pandemi Covid-19 juga membatasi metode pemeriksaan gigi secara langsung karena mudahnya transmisi virus melalui kontak saliva dari rongga mulut sehingga memerlukan protokol kesehatan yang ketat.⁷ Pelayanan kesehatan gigi jarak jauh atau *teledentistry* mulai banyak dikembangkan untuk mengatasi hal tersebut.⁸

Teledentistry merupakan informasi dan komunikasi berbasis teknologi antara dokter gigi dan pasien untuk pencegahan, diagnosis, dan manajemen penyakit gigi dan mulut. Penggunaan *teledentistry* sebagai teknologi telekomunikasi untuk mendukung pelayanan kesehatan gigi dan mulut jarak jauh tidak hanya dari segi pelayanan klinis saja, tetapi dimanfaatkan juga untuk pelaksanaan program kesehatan gigi masyarakat, baik secara individu, komunitas, maupun masyarakat luas; seperti penjangkaran kesehatan gigi dan mulut murid sekolah pada program Unit Kesehatan Gigi Sekolah (UKGS).^{8,9} *Mobile teledentistry* merupakan salah satu pengembangan dari *telemedicine* yang memanfaatkan teknologi telepon seluler. *Smartphone* banyak digunakan dalam praktik *teledentistry* karena memiliki banyak fungsi, akses yang cepat ke internet, serta memiliki kualitas kamera yang cukup baik.^{8,10}

Dental photography telah menjadi bagian dari praktik kedokteran gigi sehari-hari. Beberapa studi menunjukkan bahwa metode *dental photography* banyak digunakan untuk deteksi dan diagnosis penyakit gigi dan mulut, termasuk karies. Kamera profesional dengan pencahayaan dari *ring light* merupakan perangkat utama yang menjadi rekomendasi untuk *dental photography* sebagai alat pemeriksaan dan diagnosis karies.¹¹ Namun, ukuran perangkat yang besar dan berat, serta harganya yang mahal membatasi penggunaan kamera profesional untuk pemeriksaan karies.^{4,11} Fitur kamera pada *smartphone* merupakan perangkat alternatif untuk pemeriksaan karies karena mudah digunakan, relatif murah, dan dapat dibawa kemana saja.^{3,4,11} Beberapa penelitian telah menguji akurasi penggunaan *smartphone photography* dan *mobile teledentistry* untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi dengan berbagai variasi hasil serta kelebihan dan kekurangan penggunaannya untuk pemeriksaan karies jarak jauh.^{8,12}

Sayangnya, penggunaan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi di Indonesia masih jarang digunakan. Padahal, *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* dapat menjadi alat alternatif untuk melakukan pemeriksaan karies pada survei epidemiologi dari jarak jauh. Hal ini tentunya akan sangat membantu mengurangi kebutuhan sumber daya manusia, alat, bahan, dan biaya.^{3,4,8,15} Tujuan ulasan sistematis ini adalah melihat bagaimana penggunaan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* sebagai alat alternatif untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi, serta apakah *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* merupakan alat yang akurat dan *reliable* untuk pemeriksaan karies pada survey epidemiologi.

METODE

Metode pengumpulan data dalam penulisan ulasan sistematis ini sesuai dengan pedoman *The Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) *statement* yang diperbaharui pada tahun 2020.¹³ Registrasi protokol ulasan sistematis ini dilakukan pada *platform* PROSPERO (CRD42022009794). Sumber literatur diperoleh dari database PubMed, ProQuest, dan Science Direct dengan batasan pencarian literatur hanya untuk artikel berbahasa Inggris yang telah dipublikasi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2013 sampai tahun 2022. Fokus pencarian literatur terkonsentrasi pada artikel jurnal penelitian mengenai *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* yang berhubungan dengan pemeriksaan dan diagnosis karies pada skrining gigi dan mulut, mengutamakan artikel dengan jenis penelitian uji diagnosis. Proses pencarian dilakukan dengan menggunakan formula PICOS, yang dijelaskan pada Tabel 1. Kata kunci MeSH *term* yang digunakan dalam pencarian literatur adalah "*telediagnosis AND caries*", "*mobile teledentistry AND caries*", "*smartphone photography AND caries*", "*(diagnosis accuracy OR teledentistry) AND caries*".

Artikel yang ditemukan melalui pencarian dari *database* disaring dengan pengecekan duplikasi menggunakan Mendeley. Dua orang peninjau terlibat dalam proses penilaian kelayakan artikel. Keputusan pengambilan artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi ditentukan dengan membaca judul dan abstrak yang relevan dengan PICOS. Jika terdapat perbedaan pendapat antara dua peninjau (BHA dan AR), maka dilakukan diskusi atau melibatkan peninjau ketiga (AB). Artikel dinilai berdasarkan format kriteria *Yes* (Y) jika sesuai dengan kriteria; *No* (N) jika tidak sesuai dengan kriteria; *Undecided* (U) jika belum ada keputusan dan perlu melihat artikel lengkap. Selanjutnya, kualitas studi dari artikel lengkap dinilai menggunakan *Centre of Evidence-Based Medicine* (CEBM) *checklist* untuk *Diagnostic Accuracy Studies*.¹⁴

Ekstraksi data penelitian meliputi judul artikel, penulis, jurnal penerbit, lokasi penelitian, tahun, populasi, jumlah sampel, hasil penelitian, dan keterbatasan penelitian. Proses sintesis hasil dilakukan secara naratif, mengelompokkan hasil penelitian berdasarkan kategori yang relevan, seperti sensitivitas, spesifisitas, akurasi, dan reliabilitas dalam diagnosis karies gigi menggunakan *smartphone photography*. Data disajikan dalam bentuk tabel serta diinterpretasikan dalam narasi untuk menjelaskan temuan dan tren penelitian.

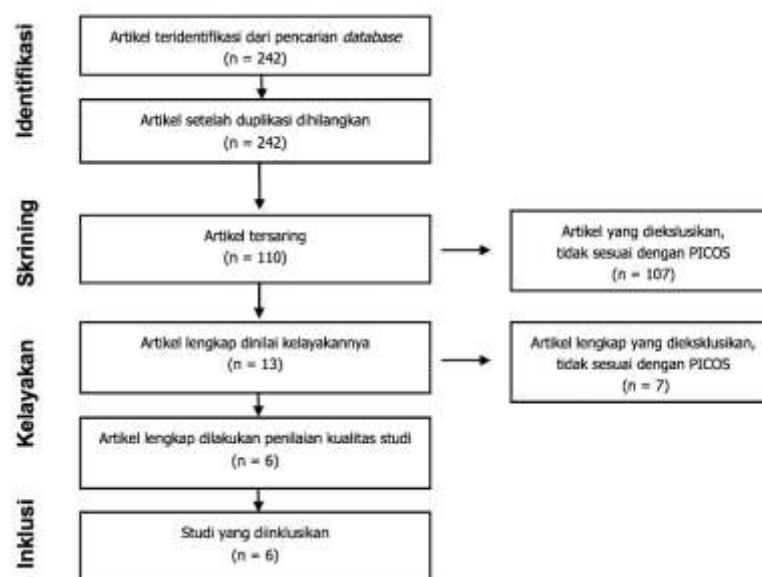
Analisis kualitatif dan kuantitatif dilakukan berdasarkan data yang tersedia dari artikel yang ditinjau. Selain itu, diskusi dan implikasi dari hasil penelitian juga dituliskan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang topik yang dibahas.

Tabel 1. Formula PICOS.

P	<i>Problem/population</i>	Karies gigi
I	<i>Intervention</i>	<i>Smartphone photography</i> pada <i>mobile teledentistry</i> ; <i>mobile phone Teledentistry</i> ; skrining karies gigi jarak jauh; <i>teledentistry</i> untuk pemeriksaan gigi pada survei epidemiologi
C	<i>Comparative</i>	Pemeriksaan melalui <i>smartphone photography</i> dibandingkan dengan pemeriksaan klinis secara langsung
O	<i>Outcome</i>	Hasil pemeriksaan karies; akurasi diagnosis karies; sensitivitas, spesifisitas, akurasi, dan reliabilitas <i>smartphone photography</i> pada <i>mobile teledentistry</i> untuk pemeriksaan karies
S	<i>Studies</i>	Uji diagnosis

HASIL

Hasil pencarian menunjukkan total 242 artikel penelitian yang terkait dengan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* untuk pemeriksaan dan diagnosis karies pada skrining gigi dan mulut. Dari total 110 artikel yang terpilih, 13 artikel lengkap dilakukan penilaian kelayakan, menghasilkan 6 artikel lengkap yang sesuai dengan PICOS yang kemudian dinilai kualitas studinya (Diagram 1).



Gambar 1. Diagram alir PRISMA¹³

Penilaian kualitas studi dilakukan menggunakan *Centre of Evidence-Based Medicine (CEBM) check list* untuk *Diagnostic Accuracy Studies* yang terdiri dari lima kriteria yang dijelaskan pada Tabel 2. Hasil penilaian kualitas studi dari keenam artikel menunjukkan artikel memiliki kualitas studi yang baik, di mana seluruh artikel memenuhi minimal 4 kriteria penilaian. Oleh karena itu, seluruh artikel tersebut di inklusi pada penelitian ini.

Tabel 2. Penilaian kualitas studi (CEBM *checklist*)¹⁴

No	Questions	Number of Article					
		1	2	3	4	5	6
1	Was the diagnostic test evaluated in a representative spectrum of patients?	1	1	1	1	1	1
2	Was the reference standard applied regardless of the index test result?	1	1	1	1	1	1
3	Was there an independent, blind comparasion between the index test and an appropriate reference ('gold') standard of diagnosis?	1	1	1	1	1	1
4	Are test characteristics presented?	1	1	1	1	1	U C
5	Were the methods for performing the test described in sufficient detail to permit replication?	1	1	1	1	1	1
Total score		5	5	5	5	5	4

Yes = 1; No = 0; Unclear = UC

Hasil ekstraksi data penelitian kemudian dirangkum pada Tabel 3. Sebagian besar penelitian dilakukan pada populasi anak-anak, namun Estai M *et al.*,² pada tahun 2017 dan 2018 melakukan juga pada populasi dengan rentang usia yang lebih beragam. Jumlah sampel yang di inklusikan untuk uji diagnosis sebagian besar berjumlah minimal 100 orang. Hampir seluruh penelitian menunjukkan hasil angka sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi yang tinggi (>80%) serta reliabilitas yang cukup baik (Kappa>0,81) yang digambarkan pada Tabel 4.^{2,3,4,8,12,15} Di sisi lain, beberapa penelitian tersebut menunjukkan pemeriksaan karies dengan metode *smartphone photography* memiliki beberapa kelemahan, di antaranya variasi kualitas foto intra oral dan ketidakmampuan foto untuk mendeteksi karies pada lokasi tertentu.^{2,3,4,12}

Tabel 3. Ekstraksi data artikel penelitian.

No	Judul	Penulis	Jurnal	Lokasi Penelitian	Tahun	Populasi	Jumlah Sampel	Hasil Penelitian	Limitasi Penelitian
1.	<i>Reliability of mobile phone teledentistry in dental diagnosis and treatment planning in mixed dentition</i>	AlShaya <i>et al</i>	<i>Journal of Telemedicine and Telecare</i>	Saudi Arabia	2020	Anak 6-12 tahun (periode gigi campuran)	57 anak; 1368 gigi	Spesifisitas lebih besar dari sensitivitas (>80%); reliabilitas lebih besar pada gigi sulung daripada gigi permanen	Keterbatasan dalam akurasi diagnosis karies pada gigi permanen, karena sampel merupakan anak dengan periode gigi campuran
2.	<i>Assessment of mother's ability in caries diagnosis, utilizing the smartphone photographic method</i>	Sonal Kale <i>et al.</i> , ³	<i>Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry</i>	India	2019	Ibu dengan anak usia 3-5 tahun	100 ibu dengan anaknya ; 2000 gigi; 300 foto intra oral	Sensitivitas 88,3%; spesifisitas 98,3%; PPV 92%; NPV 96%; akurasi 96%; Kappa agreement 0,87	Anak kurang kooperatif saat dilakukan pemeriksaan klinis; hasil foto intra oral tidak melihat karies proksimal
3.	<i>The efficacy of remote screening for dental caries by mid-level dental providers using a</i>	Estai M <i>et al.</i> , ⁴	<i>Australian Health Review</i>	Australia	2018	Anak dan dewasa dengan berbagai usia	100 orang; 3200 gigi; 500 foto intra oral	Sensitivitas 60-68%; spesifisitas 97-98%; <i>intra-rater reliability</i> Kappa 0,89; <i>inter-rater</i>	Tidak menginklusi kategori <i>missing</i> dan <i>filled</i> ; beberapa

	<i>mobile teledentistry model</i>							<i>reliability</i> Kappa 0,57-0,61	foto intra oral memiliki kualitas yang kurang baik
4.	<i>Comparison of a Smartphone-Based Photographic Method with Face-to-Face Caries Assessment: A Mobile Teledentistry Model.</i>	Estai M <i>et al.</i> , ¹³	<i>Telemedicine and e-HEALTH</i>	Australia	2017	Anak, dewasa, dan lansia dengan berbagai rentang usia	100 orang; 3200 gigi; 500 foto intra oral	Sensitivitas 60-63%; spesifisitas 96-99%; <i>intra-rater reliability</i> Kappa 0,84; <i>inter-rater reliability</i> Kappa 0,54-0,66	Kesulitan mendeteksi karies proksimal, karies akar, dan permukaan gigi posterior
5.	<i>Use of a Teledentistry-based Program for Screening of Early Childhood Caries in a School Setting</i>	Subbalekshmi T <i>et al.</i> , ²	<i>Cureus</i>	Saudi Arabia	2017	Anak sekolah usia 3-6 tahun	312 anak	Reliabilitas tinggi (Kappa=0,983)	Menurunnya kualitas foto intra oral pada saat transfer data secara daring (<i>store-and-forward</i>)
6.	<i>Teledentistry as a novel pathway to improve dental health in school children: A research protocol for a randomized controlled trial</i>	Estai M <i>et al.</i> , ²⁶	<i>BMC Oral Health</i>	Australia	2020	Anak sekolah usia 4-15 tahun	250 anak	Belum dipublikasikan	Belum dipublikasikan

Tabel 4. Ekstraksi data hasil uji diagnosis.

No	Penulis	Tahun	Sampel		Hasil Uji Diagnosis				
			Individu	Gigi	Foto Intra Oral	Sensitivitas (%)	Spesifisitas (%)	Akurasi	Kappa agreement
1	AlShaya <i>et al.</i> , ⁸	2020	57	1368		77,2 - 85,2	83,3 - 89,1	-	0,73-0,75 (gigi sulung); 0,61-0,73 (gigi permanen)
2	Sonal Kale <i>et al.</i> , ³	2019	100	2000	300	88,3	98,3	96	0,87
3	Estai M <i>et al.</i> , ⁴	2018	100	3200	500	60-68	97-98	-	0,89 (<i>intra rater</i>); 0,57-0,61 (<i>inter rater</i>)
4	Estai M <i>et al.</i> , ¹³	2017	100	3200	500	60-63	96-99	-	0,84 (<i>intra rater</i>); 0,54-0,66 (<i>inter rater</i>)
5	Subbalekshmi T <i>et al.</i> , ²	2017	312	-	-	-	-	-	0,983

PEMBAHASAN

Ulasan sistematis ini melihat bagaimana penggunaan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi, sejauh mana *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* dapat digunakan sebagai alat alternatif pemeriksaan karies pada survei epidemiologi, serta apakah *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* merupakan alat yang akurat dan *reliable* untuk pemeriksaan karies gigi pada survei epidemiologi. Ulasan sistematis ini melakukan penjaringan dari 242 artikel yang memfokuskan pada studi uji diagnosis penggunaan metode *smartphone photography* untuk pemeriksaan karies. Hasil penilaian kelayakan dan kualitas studi artikel penelitian dengan CEBM *check list* untuk *Diagnosis Accuracy Studies* menunjukkan 6 artikel penelitian memiliki kualitas studi yang baik sehingga di inklusikan dalam ulasan ini. Sintesis data penelitian yang merupakan hasil ekstraksi dari keenam artikel tersebut diuraikan pada beberapa poin pembahasan berikut ini.

Mobile Teledentistry untuk Pemeriksaan Gigi pada Survei Epidemiologi

Pemanfaatan teknologi *telemedicine* untuk deteksi penyakit gigi dan mulut telah berkembang pada beberapa tahun terakhir. *Mobile teledentistry*, yang merupakan salah satu pengembangan dari *teledentistry*, dapat menjadi alat potensial untuk pemeriksaan gigi pada survei epidemiologi.¹² Konsep yang paling populer digunakan dalam *mobile teledentistry* adalah *store and forward teledentistry*. Konsep ini memanfaatkan internet sebagai media untuk penyimpanan dan transfer data serta gambar digital untuk kepentingan diagnosis, rencana perawatan, dan rujukan pasien dengan penyakit gigi dan mulut. Konsep *store and forward teledentistry* juga digunakan untuk skrining gigi pada survei epidemiologi, yang berfungsi sebagai penyimpanan dan pengiriman data antar operator pemeriksa. Kelebihan penggunaan *store and forward teledentistry* adalah mudahnya mengunggah dan mengunduh data, serta pembatasan akses data dapat dilakukan untuk perlindungan konfidensial terhadap data pasien atau subjek penelitian.^{4,8,12}

Beberapa *platform* daring yang dimanfaatkan pada umumnya berupa aplikasi penyimpanan data atau aplikasi pengirim pesan. Penelitian Kale *et al*³ mengenai *self-examination* karies pada anak yang dilakukan oleh para ibu memanfaatkan *Whatsapp* sebagai *platform* untuk menyimpan dan mentransmisikan foto intraoral karena para ibu merupakan pengguna reguler *Whatsapp* sebagai aplikasi pengirim pesan sehari-hari, berbeda dengan penelitian AlShaya *et al*⁸ yang memanfaatkan aplikasi *Google Drive* sebagai media penyimpanan data pasien dan foto intraoral untuk diagnosis penyakit gigi dan mulut.^{3,8} Selain dari aplikasi yang tersedia, Estai M *et al* (2020) justru mengembangkan aplikasi *mobile teledentistry* tersendiri disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Mereka mengembangkan aplikasi *Teledental App* untuk memfasilitasi pengambilan informasi dan data pasien serta untuk mengambil foto intraoral.¹⁵

Prosedur Pemeriksaan Karies Gigi menggunakan Smartphone Photography dan Mobile Teledentistry

Penetapan set alat kamera profesional yang terdiri dari bodi DSLR (*digital single lens reflex*), lensa makro (rasio pembesaran 1:1, panjang fokus antara 60 dan 105 mm), dan sumber cahaya eksternal (*ring light flash* atau *twin flash*) masih menjadi standar emas (*gold standard*) sebagai perangkat utama untuk *dental photography* dalam mendeteksi penyakit gigi dan mulut.^{18,19} Kamera DSLR memiliki pengaturan dan karakteristik khusus yang menentukan protokol pengambilan foto karena memungkinkan fotografer untuk mengontrol dan mengubah fitur seperti ukuran bukaan (*aperture*), *exposure time*, dan *international organization of standardization* (ISO).²⁰

Beberapa upaya telah dikembangkan untuk menyederhanakan dan membuat peralatan *dental photography* agar lebih mudah digunakan, antara lain *intra oral scanner*, kamera intra oral, kamera saku, kamera digital, dan kamera *smartphone*.^{19,21,22} *Smartphone* juga mulai banyak dimanfaatkan dokter gigi sebagai alat alternatif untuk *dental photography* memiliki kualitas kamera yang cukup baik, karena mudah digunakan, relatif hemat biaya, memiliki bobot yang ringan sehingga mudah dibawa kemana saja, serta lebih mudah dipelajari dibandingkan dengan penggunaan kamera DSLR.^{8,10,20} Penelitian Almazora *et al*²³ di Saudi Arabia menunjukkan bahwa sebagian besar dokter gigi yang berpartisipasi (91%) menggunakan *smartphone* sebagai alat untuk mengambil foto intra oral pasien dalam praktik kedokteran gigi sehari-hari.²³

Pengambilan foto menggunakan *smartphone* sebagai alat diagnosis karies memiliki tantangan tersendiri. Prosedur pemeriksaan diawali dengan mengambil foto intraoral gigi dan mulut pasien menggunakan kamera *smartphone*. Selain mengandalkan pencahayaan dari lampu ruangan yang tersedia, foto juga diambil dengan bantuan *built-in-flash* pada kamera *smartphone* untuk menambah pencahayaan pada hasil foto.^{3,4,8,12} Estai M *et al*¹² menambah pengaturan *Torch Mode* pada *flash* kamera *smartphone* yang menyebabkan *flashlight* kamera tetap menyala selama pengambilan gambar sehingga gambar yang dihasilkan menjadi terang dan fokus. Foto diambil dari berbagai sudut, di antaranya tampak depan, lateral kanan, lateral kiri, oklusal rahang atas dan oklusal rahang bawah (Gambar 1).^{3,4,8,15}



Gambar 1. Contoh pengambilan foto menggunakan kamera *smartphone* dari berbagai sudut: a) tampak depan, b) oklusal rahang atas, c) oklusal rahang bawah, d) lateral kanan, dan e) lateral kiri.¹²

Foto intraoral dan data pasien (seperti nama, usia, riwayat penyakit) kemudian ditransmisikan dan disimpan secara digital ke sistem *mobile teledentistry* melalui *platform* daring. Operator memeriksa karies dari hasil foto intraoral dan penilaian karies dilakukan dengan menggunakan indeks karies.^{2,4,8,12,15}

Indeks karies yang sering digunakan untuk pemeriksaan karies melalui foto intraoral pada survei epidemiologi adalah *International Caries Detection and Assessment System* (ICDAS). ICDAS memberikan kode 0 sampai 6 pada karies gigi sesuai dengan perubahan visual yang terlihat pada email gigi sampai terbentuknya kavitas pada dentin, yaitu: (0) gigi yang sehat; (1) terdapat perubahan visual pada email setelah dikeringkan; (2) perubahan visual pada email terlihat jelas; (3) kerusakan email yang terlokalisir; (4) terlihat bayangan hitam dentin; (5) terbentuk kavitas dengan dentin yang terbuka; (6) kavitas luas dengan dentin yang terbuka.¹⁶ Namun, indeks karies lain juga dapat digunakan untuk pemeriksaan karies melalui foto intraoral pada survei epidemiologi, seperti pada penelitian Subbalekshmi, *et al*² dan Estai, *et al*⁵ yang menggunakan indeks DMFT untuk gigi permanen dan DMFT untuk gigi sulung. Indeks DMFT/dmft memiliki tiga kriteria utama untuk penilaian karies, yaitu D/d untuk gigi yang mengalami kerusakan atau sudah terbentuk kavitas; M/m untuk gigi yang hilang atau dicabut karena karies; F/f untuk gigi yang telah dilakukan restorasi.¹⁶

Ketepatan Diagnosis Karies menggunakan *Smartphone Photography*

Salah satu keunggulan *smartphone* adalah kemudahan dalam mengambil dan menyimpan gambar secara digital. Hal ini merupakan suatu keuntungan bagi bidang kedokteran gigi, karena *dental photography* adalah salah satu konsep yang sangat membantu deteksi penyakit gigi dan mulut, terutama untuk pemeriksaan jarak jauh. *Smartphone photography* mulai menggantikan kamera profesional karena penggunaannya yang relatif mudah dan murah, serta dapat dibawa kemana saja.^{3,4,11}

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi ketepatan pemeriksaan karies menggunakan *smartphone photography*. Estai *et al* melakukan dua penelitian pada tahun 2016 dan 2017 untuk menilai efikasi pemeriksaan karies gigi melalui *mobile teledentistry* dengan membandingkan pemeriksaan karies menggunakan *smartphone photography* dengan pemeriksaan karies secara langsung. Kedua penelitian tersebut menunjukkan sensitivitas sebesar 60-63% (*moderate*) dengan besaran akurasi 94-97%. Reliabilitas penilaian karies melalui *smartphone photography* pada kedua penelitian tersebut didapatkan intragrader agreement pada pemeriksaan karies menggunakan *smartphone photography* pada level *moderate* (Kappa=0.68).^{4,12} Penelitian lain yang dilakukan oleh AlShaya *et al*⁶ tahun 2020 mengenai reliabilitas pemeriksaan karies pada gigi campuran menggunakan *smartphone photography* juga menunjukkan tingkat sensitivitas yang cukup tinggi, yaitu sebesar 74-85%.

Kale *et al* juga melakukan penelitian pada tahun 2019 untuk menilai kemampuan ibu dalam memeriksa karies pada gigi anaknya menggunakan *smartphone photography*, yang menunjukkan sensitivitas sebesar 88,3% dengan akurasi sebesar 96%, dan kesepakatan yang hampir sempurna (Kappa=0,87) antara dokter gigi sebagai pemeriksa klinis dengan ibu sebagai pemeriksa melalui *smartphone photography*.³ Penelitian terbaru yang dilakukan oleh Pandey, *et al*⁴ mengenai efikasi diagnosis karies menggunakan *smartphone photography* pada pasien lanjut usia (di atas 60 tahun) menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (91-98%), serta kesepakatan antara pemeriksa yang sangat baik (Kappa=0,90). Hasil beberapa penelitian tersebut menunjukkan bahwa *smartphone photography* merupakan alat pemeriksaan karies gigi yang sensitif dan dapat diandalkan sehingga berpotensi untuk menjadi alternatif alat pemeriksaan karies pada survei epidemiologi.

Hal yang perlu diperhatikan untuk pemeriksaan karies menggunakan *smartphone photography* adalah teknik pengambilan foto intraoral, kualitas pencahayaan saat pengambilan foto menggunakan *smartphone*, kemampuan operator dalam pengambilan foto intraoral, serta kemampuan operator dalam melakukan

pemeriksaan dan penilaian karies melalui foto yang tersedia karena hal tersebut dapat mempengaruhi kualitas hasil foto intra oral yang diambil serta ketepatan hasil pemeriksaan karies.^{3,4,8,12}

Kualitas foto intra oral juga sangat penting untuk diperhatikan dalam ketepatan hasil pemeriksaan karies menggunakan *smartphone photography*. Tampilan warna yang benar dan resolusi yang cukup adalah dua fitur penting untuk hasil foto intra oral yang lebih baik dan berkualitas untuk merekam detail jaringan gigi. Tampilan warna yang benar dapat menunjukkan translusensi email, karies, erosi dan abrasi, serta terbukanya dentin. Pengaturan cahaya yang tepat pada saat pengambilan foto intraoral dibutuhkan untuk menghasilkan tampilan warna yang baik. Sedangkan, resolusi yang cukup didapatkan dari kemampuan lensa untuk menangkap detail dengan baik. Resolusi pada foto intra oral sama dengan informasi, berarti bahwa resolusi yang lebih tinggi akan menghasilkan informasi yang lebih banyak dan detail mengenai kondisi gigi dan mulut. Detail pada foto intra oral sangat penting untuk hasil pemeriksaan karies yang lebih tepat.²⁵

Keterbatasan Diagnosis Karies menggunakan *Smartphone Photography*

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, metode diagnosis karies melalui *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* juga mempunyai sejumlah keterbatasan. Penelitian telah menunjukkan adanya variasi dalam kualitas foto intraoral yang dihasilkan. Subbalekshmi, *et al*² mencatat penurunan kualitas foto saat pengiriman secara daring menggunakan metode store-and-forward. Penelitian oleh Estai M *et al*,⁴ menemukan bahwa adanya debris, saliva, dan darah yang tertangkap kamera saat pengambilan foto intraoral serta adanya staining berwarna hitam kecoklatan pada *pit* dan *fissure* dapat memicu overestimasi dalam diagnosis karies. Foto intra oral, sebagai media dua dimensi, memiliki keterbatasan dalam mendeteksi karies di beberapa lokasi tertentu. Metode ini menghadapi kesulitan dalam mendeteksi lesi karies awal (*whitespot*), karies pada daerah proksimal dan permukaan akar, serta tidak mampu dengan akurat sejauh mana dan seberapa luas lesi karies tersebut.^{3,4,8,12}

Di samping kekurangannya, hasil tinjauan sistematis menunjukkan bahwa penggunaan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* berpotensi menjadi alat alternatif yang efektif untuk pemeriksaan karies dalam survei epidemiologi. *Mobile teledentistry*, sebagai evolusi dari *teledentistry*, memungkinkan proses skrining gigi termasuk pemeriksaan karies dengan efisien dan fleksibel. Proses ini melibatkan pengambilan foto intraoral gigi dan mulut pasien dari berbagai sudut menggunakan kamera *smartphone*, diikuti oleh transmisi dan penyimpanan data pasien secara digital melalui sistem *mobile teledentistry* dengan konsep *store-and-forward teledentistry*. Dalam konteks akurasi dan keandalan, sejumlah penelitian yang mengevaluasi keefektifan pemeriksaan karies menggunakan *smartphone photography* telah menunjukkan hasil yang positif. Dengan kata lain, *smartphone photography* telah terbukti sebagai alat yang sensitif dan dapat diandalkan untuk pemeriksaan karies jarak jauh.

Program skrining karies gigi dengan metode pemeriksaan secara langsung pada umumnya membutuhkan banyak sumber daya, seperti jumlah tenaga medis, alat, bahan, serta dana yang cukup besar sehingga membatasi jangkauan pasien yang berpartisipasi dalam program ini. Metode pemeriksaan karies menggunakan *smartphone photography* untuk program skrining gigi dan mulut dapat mengurangi kebutuhan akan sumber daya manusia, seperti dokter gigi dan asisten gigi yang dibutuhkan tidak banyak dibandingkan dengan metode pemeriksaan secara langsung. Metode pemeriksaan karies melalui *smartphone photography* juga menerapkan metode pemeriksaan jarak jauh, yaitu dokter gigi sebagai pemeriksa tidak perlu mobilisasi ke tempat pasien, cukup dengan memanfaatkan *platform* daring pemeriksaan sudah bisa dilakukan, sehingga mengurangi biaya transportasi yang dibutuhkan. Estai M *et al* pada tahun 2018 melakukan penelitian untuk membandingkan biaya yang dikeluarkan Sistem Kesehatan Australia untuk melakukan skrining gigi dan mulut berbasis sekolah secara tradisional (pemeriksaan langsung) dengan skrining gigi dan mulut yang memanfaatkan *teledentistry*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemeriksaan skrining gigi dan mulut dengan *teledentistry* memiliki biaya yang lebih kecil karena memotong biaya transportasi, alat dan bahan, dan honor tenaga medis, yang dapat menghemat hingga 85 juta dollar Australia per tahunnya.²⁶ Oleh karena itu, metode skrining karies gigi melalui *smartphone photography* memungkinkan pemeriksaan dilakukan dari jarak jauh dengan waktu yang lebih singkat dan tempat yang lebih fleksibel sehingga jangkauan pasien yang terjangkau bisa lebih luas dan bervariasi dengan waktu yang lebih efisien.

Pengembangan penelitian mengenai metode pemeriksaan karies gigi menggunakan *smartphone photography* tentunya perlu dilakukan untuk dapat memaksimalkan penggunaannya, khususnya pada program skrining gigi dan mulut. Penelitian yang melakukan analisis spesifik terhadap foto intra oral, seperti misalnya perbedaan *pixel*, ukuran gambar, fokus, serta perbandingan spesifikasi jenis *smartphone* yang digunakan dengan berbagai fitur dan pengaturan kamera dan cahaya yang bervariasi, yang kemungkinan besar membutuhkan perangkat lunak khusus di bidang fotografi dengan teknologi yang lebih canggih dapat dilakukan untuk pengembangan metode ini. Duong *et al*²⁷ melakukan penelitian menggunakan teknologi *artificial intelligence* (AI) yang dapat mendeteksi secara otomatis lesi karies pada permukaan oklusal gigi melalui foto intra oral yang diambil menggunakan *smartphone*.²⁷ Serupa dengan penelitian Tareq *et al*²⁸ yang melakukan pengembangan algoritma teknologi AI untuk dapat mendeteksi kavitas karies secara akurat.²⁸ Penggunaan *smartphone photography* juga dapat dikembangkan untuk diagnosis kondisi gigi dan mulut yang lain, seperti yang dilakukan oleh Queyrox *et al*⁹ dan Inquimbert *et al*³⁰, sedikit berbeda dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya yang menggunakan media foto intra oral, kedua penelitian tersebut melakukan pemeriksaan gigi dan mulut melalui hasil perekaman video. Kemajuan teknologi semacam ini juga tentunya juga perlu diimbangi dengan kemampuan dokter gigi dalam memanfaatkan teknologi itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan edukasi dan pelatihan yang memadai untuk dokter gigi agar penggunaan teknologi yang lebih canggih dapat dimanfaatkan secara umum pada bidang praktik kedokteran gigi.³¹

Tinjauan sistematis ini mengeksklusikan artikel yang tidak menggunakan Bahasa Inggris dan hanya menginklusi artikel penelitian yang melakukan uji diagnosis pemeriksaan karies menggunakan metode *smartphone photography*. Hal ini membatasi informasi mengenai beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan karies menggunakan metode *smartphone photography* pada *mobile teledentistry*, di antaranya

teknik pengambilan foto intraoral, kualitas pencahayaan saat pengambilan foto, serta kemampuan operator dalam pengambilan foto intraoral dan dalam melakukan penilaian karies. Penelitian primer atau tinjauan sistematis selanjutnya yang membahas mengenai faktor-faktor tersebut dapat dilakukan di masa depan untuk memperkuat validitas dan reliabilitas penggunaan *smartphone photography* pada *mobile teledentistry* untuk pemeriksaan karies gigi.

SIMPULAN

Smartphone photography pada *mobile teledentistry* merupakan alat yang sensitif dan dapat diandalkan sebagai alternatif untuk pemeriksaan karies pada survei epidemiologi. Beberapa faktor, seperti teknik pengambilan foto, kualitas pencahayaan dan kemampuan operator perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan karies.

Kontribusi Penulis: Kontribusi peneliti "Konseptualisasi, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; metodologi, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; perangkat lunak, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; validasi, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; analisis formal, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; investigasi, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; sumber daya, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; kurasi data, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; penulisan—penyusunan draft awal, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; penulisan-tinjauan dan penyuntingan, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; visualisasi, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; supervisi, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; administrasi proyek, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; perolehan pendanaan, Adilah BH.; Rahardjo A.; Bahar A.; Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan."

Pendanaan: Penelitian ini tidak mendapatkan dana

Pernyataan Ketersediaan Data: Seluruh data penelitian disimpan dalam dokumentasi pribadi penulis pertama. Penulis bersedia memberikan data yang digunakan dalam penelitian apabila diperlukan.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Laporan Riset Kesehatan Dasar Nasional 2018. 2018. 220 h
2. Subbalekshmi T, Anandan V, Apathsakayan, R. Use of a Teledentistry-based Program for Screening of Early Childhood Caries in a School Setting. *Cureus*. 2017; 9(7): 1–7. DOI: [10.7759/cureus.1416](https://doi.org/10.7759/cureus.1416)
3. Kale S, Kakodkar P, Sonal, SH. Assessment of mother's ability in caries diagnosis, utilizing the smartphone photographic method. 2019; 37(9): 360–5. DOI: [10.4103/JISPPD.JISPPD_349_18](https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_349_18)
4. Estai M, Kanagasigam Y, Huang B, Shiikha J, Kruger E, Bunt S, et al. Comparison of a Smartphone-Based Photographic Method with Face-to-Face Caries Assessment: A Mobile Teledentistry Model. *Telemed e-Health*. 2017; 23(5): 435–40. DOI: [10.1089/tmj.2016.0122](https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0122)
5. Gimenez T, Piovesan C, Braga MM, Raggio DP, Deery C, Ricketts DN, et al. Clinical relevance of studies on the accuracy of visual inspection for detecting caries lesions: a systematic review. *Caries Res*. 2015; 49(2): 91–8. DOI: [10.1159/000365948](https://doi.org/10.1159/000365948)
6. Baelum V, Hintze H, Wenzel A, Danielsen B, Nyvad B. Implications of caries diagnostic strategies for clinical management decisions. *Community Dent Oral Epidemiol*; 2013; 40(3): 257–66. DOI: [10.1111/j.1600-0528.2011.00655.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2011.00655.x)
7. Macapagal J, Gayle S, Tablarin A. Implicated Guidelines of Cost-efficient Teledentistry during the COVID-19 Pandemic for a Developing Country: A Narrative Review. *Appl Med Informatics Rev*. 2021; 43(4): p. 112–23.
8. AlShaya MS, Assery MK, Pani SC. Reliability of mobile phone teledentistry in dental diagnosis and treatment planning in mixed dentition. *J Telemed Telecare*. 2020; 26(1–2): 45–52. DOI: [10.1177/1357633X18793767](https://doi.org/10.1177/1357633X18793767)
9. Jampani ND, Nutalapati R, Dontula BSK, Boyapati R. Applications of teledentistry: A literature review and update. *J Int Soc Prev Community Dent*; 2014; 1(2): 37. DOI: [10.4103/2231-0762.97695](https://doi.org/10.4103/2231-0762.97695)
10. Fonseca BB, Perdoncini NN, Da Silva VC, Gueiros LAM, Carrard VC, Lemos CA, et al. Telediagnosis of oral lesions using smartphone photography. *Oral Dis*. 2021; 4: 1–7. DOI: [10.1111/odi.13972](https://doi.org/10.1111/odi.13972)
11. Kohara EK, Abdala CG, Novaes TF, Braga MM, Haddad AE, Mendes FM. Is it feasible to use smartphone images to perform telediagnosis of different stages of occlusal caries lesions? *PLoS One*. 2018; 13(9): 1–12. DOI: [10.1371/journal.pone.0202116](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202116)
12. Haddad AE, Mendes FM. Is it feasible to use smartphone images to perform telediagnosis of different stages of occlusal caries lesions? *PLoS One*. 2018; 13(9): 1–12. DOI: [10.1371/journal.pone.0202116](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202116)
13. Estai M, Kanagasigam Y, Huang B, Checker H, Steele L, Kruger E, et al. The efficacy of remote screening for dental caries by mid-level dental providers using a mobile teledentistry model. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2016; 44(5): 435–41. DOI: [10.1111/cdoe.12232](https://doi.org/10.1111/cdoe.12232)
14. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 372. DOI: [10.1136/bmj.n71](https://doi.org/10.1136/bmj.n71)
15. University of Oxford. Centre for Evidence-Based Medicine: Critical appraisal worksheets for Diagnostic Accuracy. 2022; (1): p. 1–4.
16. Estai M, Kanagasigam Y, Mehdizadeh M, Vignarajan J, Norman R, Huang B, et al. Teledentistry as a novel pathway to improve dental health in school children: A research protocol for a randomised controlled trial. *BMC Oral Health*. 2020; 20(1): 1–10. DOI: [10.1186/s12903-019-0992-1](https://doi.org/10.1186/s12903-019-0992-1)
17. Taqi M, Razak IA, Ab-Murat N. Comparing dental caries status using Modified International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) and World Health Organization (WHO) indices among school children of Bhakkar, Pakistan. *J Pak Med Assoc*. 2019; 69(7): p. 950–4.
18. Kohara EK, Abdala CG, Novaes TF, Braga MM, Haddad AE, Mendes FM. Is it feasible to use smartphone images to perform telediagnosis of different stages of occlusal caries lesions? *PLoS One*. 2018; 13(9): 1–12. DOI: [10.1371/journal.pone.0202116](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202116)
19. Lazar R, Culic B, Gasparik C, Lazar C, Duda D. The use of digital dental photography in an Eastern European country. *Med Pharm Reports*. 2022; 95(3): 305–10. DOI: [10.15386/mpr-2119](https://doi.org/10.15386/mpr-2119)
20. Moussa C, Hardan L, Kassis C, Bourgi R, Devoto W, Jorquera G, et al. Accuracy of dental photography: professional vs. smartphone's camera. *Biomed Res Int*. 2021. DOI: [10.1155/2021/3910291](https://doi.org/10.1155/2021/3910291)
21. Santipat C, Kaewkammerpong I, Limpuangthip N. Facilitating dental disease screening program in prisoners using an intraoral camera in teledentistry. *BDJ Open*. 2023; 9(1): 1–6. DOI: [10.1038/s41405-023-00145-9](https://doi.org/10.1038/s41405-023-00145-9)
22. Pentapati KC, Mishra P, Damania M, Narayanan S, Sachdeva G, Bhalla G. Reliability of intra-oral camera using teledentistry in screening of oral diseases – Pilot study. *Saudi Dent J*. 2017; 29(2): 74–7. DOI: [10.1016/j.sdentj.2017.03.002](https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.03.002)
23. Almazrooa SA, Mansour GA, Alhamed SA, Ali SA, Akeel SK, Alhindi NA, et al. The application of teledentistry for Saudi patients' care: A national survey study. *J Dent Sci*. 2021; 16(1): 280–6. DOI: [10.1016/j.jds.2020.04.014](https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.04.014)
24. Pandey P, Jasrasaria N, Bains R, Singh A, Manar M, Kumar A. The Efficacy of Dental Caries Telediagnosis Using Smartphone: A Diagnostic Study in Geriatric Patients. *Cureus*. 2023; 15(1): 1–8. DOI: [10.7759/cureus.33256](https://doi.org/10.7759/cureus.33256)
25. Casaglia A, Dominici PDE, Arcuri L, Gargari M, Ottria L. Dental photography today, part 1: basic concepts. *Oral & Implantology*. 2015; (2): 122–9. DOI: [10.11138/ori/2015.8.4.122](https://doi.org/10.11138/ori/2015.8.4.122)
26. Estai M, Bunt S, Kanagasigam Y, Tennant M. Cost savings from a teledentistry model for school dental screening: an Australian health system perspective. *Aust Heal Rev*. 2018; 42(5): 482–90. DOI: [10.1071/AH16119](https://doi.org/10.1071/AH16119)

27. Duong DL, Kabir MH, Kuo RF. Automated caries detection with smartphone color photography using machine learning. *Health Informatics J.* 2021;27(2). DOI: [10.1177/14604582211007530](https://doi.org/10.1177/14604582211007530)
28. Tareq A, Faisal MI, Islam MS, Rafa NS, Chowdhury T, Ahmed S, et al. Visual diagnostics of dental caries through deep learning of non-standardised photographs using a hybrid YOLO ensemble and transfer learning model. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(7). DOI: [10.3390/ijerph20075351](https://doi.org/10.3390/ijerph20075351)
29. Queyroux A, Saricassapian B, Herzog D, Müller K, Herafa I, Ducoux D, et al. Accuracy of teledentistry for diagnosing dental pathology using direct examination as a gold standard: results of the Tel-e-dent study of older adults living in nursing homes. *J Am Med Dir Assoc.* 2017; 18(6): 528–32. DOI: [10.1016/j.jamda.2016.12.082](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.12.082)
30. Inquimbert C, Balacianu I, Huyghe N, Pasdeloup J, Tramini P, Meroueh F, et al. Applications of teledentistry in a French inmate population: a one-year observational study. *PLoS One.* 2021; 16(4): 1–11. DOI: [10.1371/journal.pone.0247778](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247778)
31. Ghai S. Teledentistry during COVID-19 pandemic. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev.* 2020; 14(5): 933–5. DOI: [10.1016/j.dsx.2020.06.029](https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.06.029)