

Teleradiologi Dalam Pelayanan Radiologi Modern: Analisis Manfaat, Fungsi Klinis, Dan Tantangan Implementasi Melalui Narrative Literature Review

Ahmad Hariri¹, Wilda Wahyuni²

^{1,2}Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika Jakarta, Indonesia

e-mail: hariri@stikes-pertamedika.ac.id

ABSTRAK

Teleradiologi merupakan salah satu bentuk telemedicine yang berkembang pesat seiring kemajuan teknologi informasi dan komunikasi serta meningkatnya kebutuhan akan layanan kesehatan yang lebih fleksibel, efisien, dan merata. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis peran teleradiologi dalam meningkatkan pelayanan radiologi, serta mengidentifikasi manfaat dan tantangan implementasinya. Penelitian menggunakan pendekatan *narrative literature review* dengan penelusuran artikel pada database PubMed, Scopus, Google Scholar, dan ScienceDirect. Kata kunci yang digunakan meliputi “teleradiology”, “radiology services”, “healthcare quality”, dan “remote diagnosis”. Artikel yang ditelaah dibatasi pada publikasi tahun 2016–2021, berbahasa Inggris atau Indonesia, dan berfokus pada implementasi maupun manfaat teleradiologi. Seleksi studi dilakukan melalui *screening* judul, abstrak, dan evaluasi *full-text*, kemudian dianalisis menggunakan sintesis tematik-deskriptif. Hasil kajian menunjukkan bahwa teleradiologi berperan penting dalam memperluas akses layanan radiologi, terutama di wilayah dengan keterbatasan radiolog, meningkatkan ketepatan waktu pelaporan, mendukung layanan emergensi dan kerja jarak jauh, serta memperkuat mutu klinis melalui *second opinion* dan jejaring kolaborasi antarfasilitas. Selain itu, teleradiologi berpotensi mengurangi kebutuhan transfer pasien dan meningkatkan efisiensi pelayanan. Namun, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan infrastruktur TIK, integrasi PACS/RIS, keamanan data, regulasi, akuntabilitas profesional, komunikasi klinis, serta risiko fragmentasi layanan. Dengan demikian, keberhasilan teleradiologi tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada tata kelola, standarisasi, dan dukungan organisasi yang kuat.

Kata Kunci: teleradiologi, telemedicine, pelayanan radiologi, akses layanan, mutu layanan, diagnosis jarak jauh

ABSTRACT

Teleradiology is a form of telemedicine that is rapidly developing in line with advances in information and communication technology and the increasing need for more flexible, efficient, and equitable healthcare services. This study aims to analyze the role of teleradiology in improving radiology services and identify the benefits and challenges of its implementation. The study used a narrative literature review approach, searching articles in the PubMed, Scopus, Google Scholar, and ScienceDirect databases. Keywords used included "teleradiology," "radiology services," "healthcare quality," and "remote diagnosis." Articles reviewed were limited to publications published between 2016 and 2021, written in English or Indonesian, and focused on the implementation and benefits of teleradiology. Study selection was conducted through title screening, abstract evaluation, and full-text evaluation, followed by analysis using thematic-descriptive synthesis. The study results indicate that teleradiology plays a significant role in expanding access to radiology services, particularly in areas with limited radiologists, improving the timeliness of reporting, supporting emergency services and remote work, and strengthening clinical quality through second opinions and interfacility collaboration networks. Furthermore, teleradiology has the potential to reduce the need for patient transfers and improve service efficiency. However, its implementation still faces various challenges, including limited ICT infrastructure, PACS/RIS integration, data security, regulation, professional accountability, clinical communication, and the risk of service fragmentation. Therefore, the success of teleradiology depends not only on technology but also on strong governance, standardization, and organizational support.

Keywords: teleradiology, telemedicine, radiology services, service access, service quality, remote diagnosis

© The Author(s). 2023 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah mendorong transformasi mendasar dalam penyelenggaraan layanan kesehatan, terutama melalui berkembangnya telemedicine atau telehealth sebagai model pelayanan yang memungkinkan pertukaran informasi klinis ketika jarak menjadi faktor kritis. Dalam kerangka ini, telemedicine dipahami sebagai pemberian layanan kesehatan melalui media digital, baik dalam bentuk teks, suara, video, maupun gambar, untuk menjembatani keterbatasan akses dan menjaga kesinambungan pelayanan (Hossain et al., 2019; Shen et al., 2021; Bailo et al., 2021). Literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan telemedicine berkontribusi terhadap peningkatan akses layanan kesehatan dengan mengurangi hambatan geografis dan sosioekonomi, sekaligus menjadi mekanisme penting untuk mempertahankan keberlangsungan pelayanan pada situasi yang membatasi interaksi langsung, seperti wabah atau krisis kesehatan (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021; Shen et al., 2021). Akselerasi adopsi telemedicine selama pandemi COVID-19 semakin menegaskan signifikansi teknologi ini, bukan hanya sebagai respons terhadap kebutuhan kesinambungan layanan dan mitigasi risiko penularan, tetapi juga sebagai indikator bahwa keberhasilan implementasinya memerlukan dukungan kebijakan, pembiayaan, serta infrastruktur digital yang memadai agar dapat berkelanjutan dalam jangka panjang (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; López et al., 2021; Rangachari et al., 2021; Shen et al., 2021). Di antara berbagai cabang kedokteran, radiologi menempati posisi yang sangat strategis dalam transformasi digital tersebut karena sejak awal telah berkembang sebagai disiplin yang sangat bergantung pada sistem digital, terutama melalui pemanfaatan Picture Archiving and Communication System (PACS) dan Radiology Information System (RIS) untuk penyimpanan, akses, dan distribusi citra medis secara elektronik ("ESR teleradiology survey: results", 2016; Martín-Noguerol et al., 2020). Dengan dukungan infrastruktur jaringan yang semakin baik dan desain workstation yang semakin adaptif, interpretasi citra dari lokasi yang berbeda atau teleradiologi menjadi praktik yang semakin lazim, baik untuk mendukung layanan rutin, pelayanan di luar jam kerja, maupun penyesuaian pelayanan pada masa pembatasan fisik selama pandemi ("ESR teleradiology survey: results", 2016; Martín-Noguerol et al., 2020; Quraishi et al., 2020). Bukti dari berbagai tinjauan juga memperlihatkan bahwa teleradiologi bukan sekadar inovasi teknologis, melainkan telah memiliki basis empiris yang kuat, ditandai oleh concordance diagnostik yang konsisten antara pembacaan jarak jauh dan pembacaan konvensional, serta manfaat klinis berupa pengurangan transfer pasien dan penurunan lama rawat inap (Bashshur et al., 2016; Berry et al., 2021).



Gambar 1. Teleradiologi sebagai model sosio-teknis untuk memperkuat layanan radiologi

Di sisi lain, salah satu persoalan mendasar dalam pelayanan radiologi adalah keterbatasan ketersediaan dan distribusi tenaga radiolog, terutama di wilayah terpencil, rural, atau berpenduduk jarang, yang secara langsung memengaruhi akses dan ketepatan waktu interpretasi citra medis (Fleßa, 2021; Johnston et al., 2020). Kekurangan radiolog lokal maupun radiolog pengganti dengan kompetensi yang sesuai telah dilaporkan membatasi kapasitas layanan untuk menyediakan asesmen secara tepat waktu, sebagaimana ditunjukkan pada implementasi model penilaian jarak jauh dalam layanan skrining kanker payudara di Australia (Johnston et al., 2020). Dalam konteks wilayah perifer, ulasan kebijakan dan inovasi di Jerman bahkan menekankan bahwa kesulitan mengisi posisi radiolog di rumah sakit pedesaan menjadikan teleradiologi sebagai opsi yang berpotensi menjadi satu-satunya sarana untuk mempertahankan akses terhadap layanan radiologi di daerah rural (Fleßa, 2021). Temuan ini sejalan dengan survei teleradiologi di Eropa yang menunjukkan bahwa teleradiologi, terutama dalam bentuk insourcing antarfasilitas dalam jejaring, diakui mampu membantu mengatasi kekurangan radiolog, mendukung manajemen beban kerja, dan memfasilitasi konsultasi maupun second opinion pada fasilitas dengan pengalaman terbatas ("ESR teleradiology survey: results", 2016; Latifi et al., 2020). Namun, literatur secara konsisten menegaskan bahwa penyelesaian masalah distribusi tenaga radiolog melalui teleradiologi tidak dapat dipahami semata-mata sebagai isu ketersediaan teknologi. Keberlanjutan dan mutu implementasi sangat dipengaruhi oleh tata kelola klinis, protokol operasional, dukungan organisasi, pelatihan, dukungan teknis, serta kebijakan dan pembiayaan yang menopang sistem secara menyeluruh (López et al., 2021; Rangachari et al., 2021; Johnston et al., 2020; Latifi et al., 2020). Dengan demikian, keterbatasan distribusi tenaga radiolog perlu ditempatkan dalam kerangka sosio-teknis, yakni bahwa teleradiologi memang menawarkan solusi terhadap masalah akses, tetapi efektivitasnya hanya dapat dicapai apabila disertai kesiapan infrastruktur dan tata kelola yang kuat untuk menjaga mutu, kontinuitas, dan akuntabilitas pelayanan (Shen et al., 2021; Johnston et al., 2020; Berry et al., 2021).



Gambar 2. Urgensi Teleradiologi

Dalam konteks tersebut, teleradiologi muncul sebagai salah satu bentuk telemedicine yang paling mapan dan relevan untuk menjawab tantangan pelayanan radiologi jarak jauh. Teleradiologi didefinisikan sebagai transfer citra radiologi beserta data pasien yang terkait antar lokasi geografis untuk keperluan interpretasi primer, konsultasi ahli, maupun tinjauan klinis melalui transmisi digital ("ESR teleradiology survey: results", 2016; Hossain et al., 2019). Secara historis, teleradiologi telah berkembang menjadi salah satu aplikasi telemedicine yang paling matang karena berbagai studi menunjukkan bahwa akurasi dan reliabilitas diagnostiknya sebanding dengan radiologi konvensional, disertai manfaat pelayanan yang nyata seperti berkurangnya transfer pasien, rehospitalisasi, dan lama rawat (Bashshur et al., 2016; Berry et al., 2021). Pada praktik modern, teleradiologi semakin memperoleh relevansi dalam pengaturan kerja jarak jauh dan reorganisasi departemen radiologi, khususnya selama pandemi COVID-19, ketika interpretasi dan pelaporan citra dapat tetap dilakukan secara efektif dari rumah atau lokasi remote dengan dukungan PACS/RIS dan konektivitas yang memadai (Martín-Noguerol et al., 2020; Quraishi et al., 2020; Yacoub et al., 2021). Dari perspektif akses dan efisiensi sistem, bukti programatik menunjukkan bahwa teleradiologi dapat menjadi komponen dominan dalam telemedicine lintas fasilitas dan berkontribusi pada pencegahan transfer pasien yang tidak perlu. Analisis terhadap program telemedicine Albania periode 2014–2018, misalnya, melaporkan bahwa teleradiologi merupakan jenis konsultasi yang paling sering digunakan dan memungkinkan mayoritas pasien tetap ditangani di pusat regional tanpa perlu dirujuk ke pusat tersier (Latifi et al., 2020; Latifi et al., 2021). Pada layanan pediatrik ortopedi, penggunaan teleradiologi untuk tindak lanjut melalui fasilitas komunitas lokal juga terbukti menghemat jarak tempuh keluarga secara substansial dan mempertahankan kesinambungan perawatan spesialis tanpa perjalanan yang mahal (Habib et al., 2021; Tanikawa et al., 2019). Meskipun demikian, literatur juga memperingatkan bahwa implementasi teleradiologi menghadapi tantangan yang tidak sederhana, antara lain ketergantungan pada infrastruktur TIK seperti bandwidth dan kecepatan internet, hambatan komunikasi dan relasi kerja antara penyedia layanan on-site dan remote, serta risiko fragmentasi layanan apabila akses terhadap riwayat klinis dan komunikasi dengan klinisi perujuk tidak memadai (Johnston et al., 2020; Berry et al., 2021; Martín-Noguerol et al., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, teleradiologi dapat dipahami bukan hanya sebagai inovasi teknis, melainkan sebagai strategi pelayanan yang memiliki implikasi langsung terhadap peningkatan akses, efisiensi, mutu, dan kesinambungan layanan radiologi. Bukti yang tersedia menunjukkan bahwa teleradiologi berpotensi meningkatkan ketepatan waktu pelaporan, memperluas akses terhadap second opinion, mengurangi kebutuhan transfer pasien, dan memperkuat pelayanan lintas wilayah, tetapi manfaat tersebut selalu berjalan beriringan dengan tantangan implementasi yang mencakup aspek infrastruktur, pembiayaan, privasi, akuntabilitas, komunikasi klinis, dan potensi fragmentasi layanan (Bashshur et al., 2016; "ESR teleradiology survey: results", 2016; Berry et al., 2021; Johnston et al., 2020; Latifi et al., 2020; Habib et al., 2021; López et al., 2021; Shen et al., 2021; Quraishi et al., 2020). Oleh karena itu, kajian

mengenai peran teleradiologi dalam meningkatkan pelayanan radiologi serta sintesis manfaat dan tantangan implementasinya berdasarkan literatur 2016–2021 menjadi penting untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai posisi teleradiologi dalam penguatan sistem layanan kesehatan modern.

Definisi dan Prinsip Teleradiologi

Secara konseptual, teleradiologi merupakan bagian dari telemedicine/telehealth yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk menyediakan dukungan klinis ketika jarak menjadi faktor pembatas utama. Dalam kerangka ini, layanan diberikan melalui transmisi data klinis dan/atau citra medis untuk kepentingan diagnosis, konsultasi, maupun pengambilan keputusan klinis (Hossain et al., 2019; , Hossain et al., 2019), Shen et al., 2021). Dalam konteks radiologi, teleradiologi didefinisikan sebagai penggunaan TIK untuk mengirim citra radiologi digital, seperti X-ray, CT, dan MRI, dari satu lokasi ke lokasi lain guna dilakukan interpretasi dan/atau konsultasi jarak jauh Hossain et al., 2019), (Al-Safadi, 2016), (Habib et al., 2021). Dengan demikian, teleradiologi tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer citra, tetapi juga sebagai mekanisme perluasan kapasitas layanan radiologi lintas ruang dan waktu.

Komponen Sistem Teleradiologi, Perangkat keras dan perangkat lunak

Implementasi teleradiologi memerlukan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang mampu mendukung seluruh rantai proses radiologi, mulai dari akuisisi, transmisi, visualisasi, penyimpanan, hingga pelaporan citra. Literatur menekankan pentingnya keberadaan workstation atau terminal pembacaan, konektivitas jaringan yang stabil, serta perangkat lunak yang mendukung komunikasi, akses citra, dan pembuatan laporan radiologi (Al-Safadi, 2016), "ESR teleradiology survey: results", 2016; , (Dick et al., 2020). Dalam praktik teleworking radiologi, terutama selama pandemi COVID-19, fungsi sistem teleradiologi meliputi akses remote ke RIS dan PACS, visualisasi berbasis web terhadap riwayat klinis dan pemeriksaan terdahulu, serta kemampuan reporting jarak jauh yang memungkinkan kesinambungan layanan tanpa kehadiran fisik di rumah sakit (Martín-Noguerol et al., 2020; , (Dick et al., 2020).



Gambar 3. Arsitektur inti teleradiologi: integrasi pencitraan, sistem informasi, dan interpretasi jarak jauh.

Selain komponen inti berupa perangkat pembacaan dan aplikasi pelaporan, kualitas sistem teleradiologi juga sangat dipengaruhi oleh infrastruktur telekomunikasi. Bandwidth atau kecepatan internet serta dukungan teknis merupakan faktor yang secara konsisten diidentifikasi sebagai penentu keberhasilan implementasi layanan radiologi jarak jauh. Pada layanan asesmen kanker payudara di wilayah rural Australia, misalnya, keberhasilan model remote assessment sangat dipengaruhi oleh kualitas konektivitas dan kesiapan dukungan teknis (Johnston et al., 2020). Temuan ini sejalan dengan kajian pengembangan jejaring teleradiologi skala nasional yang menunjukkan bahwa hambatan teknologis historis, seperti keterbatasan transmisi data, penyimpanan, dan display, telah lama menjadi faktor yang menghambat pertumbuhan teleradiologi (Goelz et al., 2021).

Dengan demikian, komponen sistem teleradiologi tidak dapat dipahami hanya sebagai perangkat teknis semata. Keberhasilan implementasi juga ditentukan oleh adanya technical support, pemeliharaan sistem, dan pelatihan pengguna agar sistem dapat dioperasikan secara aman, efektif, dan berkelanjutan (Hossain et al., 2019; , (Johnston et al., 2020). Perspektif ini menegaskan bahwa teleradiologi merupakan sistem sosio-teknis yang menuntut keselarasan antara teknologi, kapasitas pengguna, dan dukungan organisasi.

Sistem PACS dan RIS

Dalam arsitektur teleradiologi, PACS (Picture Archiving and Communication System) dan RIS (Radiology Information System) merupakan dua komponen yang menempati posisi sentral. PACS berfungsi sebagai infrastruktur utama untuk penyimpanan, pengarsipan, distribusi, dan peninjauan citra secara digital, sehingga memungkinkan proses pelaporan jarak jauh berlangsung secara efisien dan terstandar (Goelz et al., 2021), "ESR teleradiology survey: results", 2016; . Sementara itu, RIS berperan dalam pengelolaan workflow imaging, termasuk penjadwalan, administrasi pasien, penyusunan laporan, dan dokumentasi layanan, serta dalam banyak kasus terintegrasi dengan HIS/EHR untuk menjamin kesinambungan data klinis (Bashshur et al., 2016; , (Martín-Noguerol et al., 2020; .

Jenis Layanan Teleradiologi, Teleradiologi emergensi, dan Teleradiologi elektif

Teleradiologi emergensi merujuk pada penggunaan layanan radiologi jarak jauh untuk kebutuhan akut, seperti interpretasi CT emergensi, kasus trauma, atau stroke, terutama ketika layanan radiolog in-house tidak tersedia atau terbatas, khususnya di luar jam kerja (Quraishi et al., 2020), (Storjohann et al., 2021). Dalam konteks ini, teleradiologi menjadi instrumen penting untuk memastikan keberlangsungan pelayanan diagnostik pada situasi yang menuntut respons cepat. ESR juga menyoroti adanya praktik home reporting dan jaringan pelaporan yang menopang kebutuhan layanan radiologi yang lebih luas, termasuk dalam situasi emergensi "ESR teleradiology survey: results", 2016; .

Berbeda dari layanan emergensi, teleradiologi elektif mencakup pelaporan non-emergensi, tindak lanjut, dan konsultasi terjadwal, termasuk second opinion pada kasus onkologi atau follow-up imaging pada pasien ortopedi pediatrik. Literatur menunjukkan bahwa teleradiologi elektif berkontribusi terhadap

kontinuitas perawatan sekaligus mengurangi kebutuhan perjalanan pasien. Pada layanan ortopedi pediatrik, misalnya, model follow-up imaging lokal yang dikombinasikan dengan konsultasi telepon menghasilkan penghematan jarak tempuh yang besar bagi keluarga pasien (Habib et al., 2021). Temuan ini menunjukkan bahwa manfaat teleradiologi elektif tidak hanya terletak pada efisiensi sistem, tetapi juga pada pengurangan beban pasien dan keluarga.

METODE

Desain Studi

Penelitian ini menggunakan pendekatan *narrative literature review* untuk mensintesis bukti mengenai peran, manfaat, dan tantangan implementasi teleradiologi pada periode 2016–2021. Desain naratif dipilih karena sesuai untuk mengintegrasikan temuan dari berbagai konteks dan desain studi, serta untuk mengidentifikasi tema konseptual seperti faktor penghambat dan pendorong pada tingkat kebijakan, organisasi, dan individu (Hossain et al., 2019; Shen et al., 2021). Pendekatan ini juga relevan untuk menggabungkan bukti empiris dan konseptual yang heterogen dalam kajian layanan kesehatan digital (Shen et al., 2021; Bailo et al., 2021).

Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis-terarah melalui basis data elektronik yang diikuti dengan seleksi bertahap (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021). Basis data yang digunakan meliputi PubMed, Scopus, Google Scholar, dan ScienceDirect karena memiliki cakupan multidisiplin dan relevan untuk penelitian telehealth serta layanan kesehatan digital (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021; Shen et al., 2021).

Kata kunci yang digunakan dengan operator Boolean adalah “teleradiology” AND “radiology services”, “teleradiology” AND “healthcare quality”, dan “teleradiology” AND “remote diagnosis”. Variasi istilah seperti “tele-radiology” dan “telemedicine” juga digunakan untuk memperluas cakupan pencarian, mengingat teleradiologi merupakan bagian dari telemedicine (Hossain et al., 2019; Shen et al., 2021). Pemilihan kata kunci ini didasarkan pada fokus kajian terhadap diagnosis jarak jauh, mutu pelayanan, dan aspek implementasi kebijakan (Hossain et al., 2019; Shen et al., 2021; Bailo et al., 2021; Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021).

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel yang dipublikasikan pada tahun 2016–2021 untuk menangkap perkembangan teleradiologi sebelum dan selama percepatan telemedicine pada masa COVID-19 (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Shen et al., 2021); (2) artikel berbahasa Inggris atau Indonesia (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021); dan (3) studi yang membahas implementasi dan/atau manfaat teleradiologi, termasuk akses layanan, efisiensi, mutu, biaya, serta faktor adopsi dan hambatan implementasi (López et al., 2021; Shen et al., 2021; Bailo et al., 2021).

Kriteria eksklusi mencakup: (1) artikel di luar rentang tahun 2016–2021 (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Shen et al., 2021); (2) studi yang tidak secara spesifik membahas teleradiologi atau tidak relevan dengan implementasi dan manfaatnya (López et al., 2021; Petrazzuoli et al., 2021); serta (3) artikel tanpa akses *full-text*, duplikasi publikasi, atau publikasi yang tidak menyediakan data yang dapat dianalisis (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021).

Proses Seleksi Studi

Seleksi studi dilakukan melalui identifikasi, penghapusan duplikasi, *screening* judul dan abstrak, serta evaluasi *full-text* (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021). *Screening* awal bertujuan menilai relevansi topik, kesesuaian tahun publikasi, dan indikasi pembahasan implementasi atau manfaat layanan (Petrazzuoli et al., 2021; Monaghesh & Hajizadeh, 2020). Artikel yang lolos tahap awal kemudian dievaluasi secara *full-text* untuk memastikan kesesuaiannya dengan kriteria inklusi (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Petrazzuoli et al., 2021). Bila terdapat perbedaan penilaian, keputusan diselesaikan melalui diskusi hingga tercapai konsensus (Petrazzuoli et al., 2021).

Metode Analisis

Analisis dilakukan dengan sintesis tematik atau deskriptif, yang sesuai untuk *narrative synthesis* pada studi telehealth dengan heterogenitas tinggi (Monaghesh & Hajizadeh, 2020; Shen et al., 2021). Data yang terpilih dikelompokkan ke dalam tema utama, yaitu manfaat layanan, hambatan dan fasilitator implementasi, serta aspek biaya dan keberlanjutan (López et al., 2021; Shen et al., 2021; Bailo et al., 2021). Hasil sintesis disajikan secara deskriptif untuk mengidentifikasi pola tematik, konteks implementasi, dan implikasi praktis maupun kebijakan (Shen et al., 2021; Bailo et al., 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

RQ1. Bagaimana peran dan manfaat teleradiologi dalam meningkatkan pelayanan radiologi?

Temuan sintesis literatur menunjukkan bahwa teleradiologi tidak lagi dapat dipahami semata-mata sebagai mekanisme pengiriman citra untuk dibaca dari lokasi lain, melainkan sebagai model pelayanan radiologi yang menggabungkan fungsi operasional dan fungsi kolaboratif secara simultan. Pada satu sisi, teleradiologi menjalankan fungsi telediagnosis, yakni interpretasi citra secara remote oleh radiolog; pada sisi lain, teleradiologi juga memfasilitasi teleconsultation/second opinion untuk kasus kompleks, kebutuhan validasi interpretasi, dan akses terhadap keahlian subspesialis (Bailo et al., 2021; (Schlemmer et al., 2018). Dualitas fungsi ini menegaskan bahwa kontribusi teleradiologi terhadap pelayanan radiologi modern tidak hanya terletak pada efisiensi distribusi kerja, tetapi juga pada penguatan kolaborasi profesional dalam pengambilan keputusan klinis.



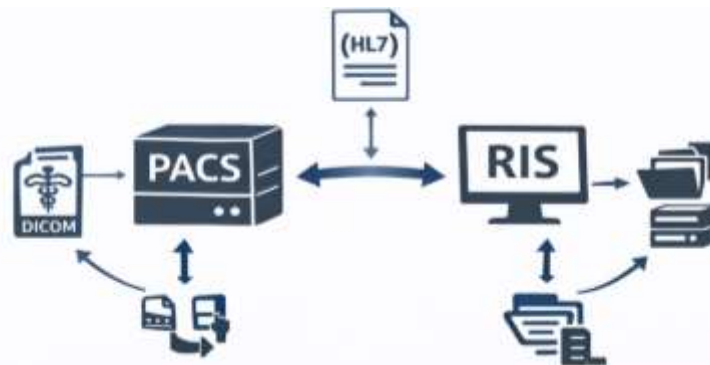
Gambar 4. Fungsi teleradiologi: diagnosis jarak jauh dan konsultasi ahli kolaboratif.

Dalam perspektif pelayanan, literatur secara konsisten menunjukkan bahwa peran utama teleradiologi adalah memperluas akses dan meningkatkan pemerataan layanan radiologi, terutama pada wilayah rural, perifer, atau daerah dengan distribusi radiolog yang tidak merata (Bashshur et al., 2016; Johnston et al., 2020; Goelz et al., 2021; . Temuan ini penting karena memperlihatkan bahwa teleradiologi berfungsi sebagai respons sistemik terhadap ketimpangan sumber daya manusia kesehatan. Pada konteks emergensi, model ini memungkinkan rumah sakit dengan kapasitas terbatas tetap memenuhi kebutuhan diagnostik 24/7, khususnya untuk pemeriksaan CT, tanpa kehadiran radiolog on-site sepanjang waktu (Hosten et al., 2021), (Fleßa, 2021). Dengan demikian, peningkatan akses yang ditawarkan teleradiologi tidak hanya bersifat administratif atau logistik, tetapi berdampak langsung pada kesiapan sistem kesehatan dalam menyediakan layanan diagnostik yang tepat waktu.

Hasil kajian juga menunjukkan bahwa peningkatan akses tersebut tidak harus dibayar dengan penurunan mutu klinis. Bukti yang tersedia memperlihatkan kecenderungan concordance yang konsisten antara teleradiologi dan radiologi konvensional, baik dari sisi akurasi maupun reliabilitas diagnostik (Bashshur et al., 2016; , Bashshur et al., 2016). Temuan ini diperkuat oleh studi prospektif pada pelaporan CT after-hours yang menunjukkan bahwa tingkat perbedaan klinis penting antara laporan preliminary dan final pada teleradiologi tidak inferior dibandingkan dengan in-house reporting (Storjohann et al., 2021). Pada asesmen kanker payudara, model remote juga dilaporkan setara dengan model on-site dalam deteksi kanker, bahkan menunjukkan keunggulan dalam ketepatan waktu asesmen (Lindsay et al., 2020; Johnston et al., 2020; . Secara interpretatif, hasil-hasil tersebut memperkuat argumen bahwa teleradiologi dapat memberikan kualitas layanan yang setara dengan praktik konvensional apabila didukung oleh tata kelola, integrasi sistem, dan proses kendali mutu yang memadai.

Namun demikian, diskusi literatur juga menunjukkan bahwa validitas klinis teleradiologi bersifat kondisional, bukan otomatis melekat pada teknologi itu sendiri. Kualitas interpretasi radiologi jarak jauh sangat bergantung pada tersedianya informasi klinis yang lengkap, akses terhadap prior imaging, serta keterhubungan yang baik dengan sistem informasi radiologi "ESR teleradiology survey: results", 2016; (Bashshur et al., 2016; (Dick et al., 2020). Survei ESR secara khusus menegaskan pentingnya akses radiolog off-site terhadap PACS/RIS dan data pasien yang relevan untuk menjaga mutu layanan "ESR

teleradiology survey: results", 2016; . Artinya, teleradiologi yang hanya berfokus pada transmisi citra tanpa memastikan kelengkapan konteks klinis berisiko menurunkan kualitas penilaian diagnostik. Dalam kerangka ini, teknologi bukanlah determinan tunggal; yang lebih menentukan adalah bagaimana teknologi tersebut diintegrasikan ke dalam workflow klinik secara utuh.



Gambar 5. Teleradiologi dan kualitas layanan: interpretasi yang setara memerlukan integrasi klinis dan sistem yang lengkap.

Implikasi penting dari temuan tersebut adalah bahwa PACS dan RIS harus dipahami sebagai fondasi mutu, bukan sekadar infrastruktur pendukung. Literatur menunjukkan bahwa integrasi PACS/RIS memungkinkan kesinambungan workflow, konsistensi pelaporan, dokumentasi yang lebih baik, serta akses terhadap riwayat klinis dan pemeriksaan sebelumnya "ESR teleradiology survey: results", 2016; . Selain itu, standar komunikasi seperti DICOM dan HL7 berperan besar dalam menjamin interoperabilitas antar-situs, terutama pada jejaring teleradiologi yang lebih luas (Goelz et al., 2021). DICOM sendiri telah ditegaskan sebagai standar integral dalam ekosistem PACS untuk akuisisi, transmisi, dan pengarsipan citra secara interoperabel (Bashshur et al., 2016; (Akinsanya et al., 2019). Walaupun demikian, literatur juga memperlihatkan bahwa implementasi interoperabilitas sering berlangsung bertahap dan tidak seragam, sehingga menghasilkan patchwork solutions yang dapat meningkatkan kompleksitas operasional dan manajemen kasus (Goelz et al., 2021). Oleh sebab itu, diskusi ini mengarah pada pemahaman bahwa keberhasilan teleradiologi tidak cukup dinilai dari kemampuan “mengirim gambar”, tetapi dari kemampuan sistem membangun ekosistem informasi klinis yang saling terhubung dan andal.

Dari sisi organisasi pelayanan, teleradiologi juga terbukti berkontribusi terhadap ketahanan operasional layanan radiologi. Selama periode pembatasan fisik, seperti pada masa COVID-19, akses remote ke RIS/PACS dan kemampuan pelaporan jarak jauh menjadi komponen penting untuk mempertahankan fungsi departemen radiologi Martín-Noguerol et al., 2020). Studi pilot intra-departemen bahkan menunjukkan bahwa remote reporting dapat meningkatkan output pelaporan dan dipersepsikan oleh klinisi sebagai layanan yang serupa dengan radiolog berbasis rumah sakit, termasuk dalam aspek dukungan dan pengajaran (Dick et al., 2020; . Hal ini mengindikasikan bahwa teleradiologi bukan hanya solusi situasional pada kondisi kekurangan radiolog atau kebutuhan layanan di luar jam kerja,

tetapi telah berkembang menjadi bagian dari desain layanan radiologi yang lebih fleksibel, resilien, dan adaptif terhadap tekanan sistem (Martín-Noguerol et al., 2020), Dick et al., 2020; , Storjohann et al., 2021; .

Pada dimensi mutu klinis, literatur memperlihatkan bahwa nilai tambah teleradiologi menjadi semakin nyata dalam konteks second opinion dan jejaring mutu. Pada bidang cancer imaging, pembacaan ulang oleh radiolog subspesialis dapat meningkatkan akurasi diagnostik dan memengaruhi keputusan manajemen klinis dalam proporsi kasus yang bermakna (Schlemmer et al., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa teleradiologi elektif dapat berfungsi sebagai jembatan menuju expertise yang tidak tersedia di fasilitas asal pasien. Selain itu, penggunaan telemedicine untuk peer review dan manajemen mutu radiologi juga dilaporkan dapat menurunkan discrepancy secara signifikan dalam siklus evaluasi–perbaikan mutu (Mopozov et al., 2018; . Dengan demikian, pembahasan ini menegaskan bahwa teleradiologi tidak hanya memperluas distribusi layanan, tetapi juga dapat menjadi instrumen standarisasi, pembelajaran kolektif, dan peningkatan mutu lintas jejaring fasilitas (Mopozov et al., 2018; , Goelz et al., 2021; .

RQ2. Apa saja tantangan implementasinya berdasarkan literatur 2016–2021?

Meskipun manfaat klinis dan operasionalnya cukup kuat, literatur menunjukkan bahwa implementasi teleradiologi tetap menghadapi tantangan substansial pada aspek teknis, legal, organisasi, dan tata kelola. Hambatan teknis yang paling menonjol mencakup kualitas jaringan, bandwidth, reliabilitas infrastruktur, serta ketidakseragaman kedalaman integrasi standar (Johnston et al., 2020; Martín-Noguerol et al., 2020), Goelz et al., 2021; . Tantangan ini penting karena layanan radiologi sangat sensitif terhadap kualitas citra, kecepatan akses, dan kesinambungan workflow. Dengan kata lain, keterbatasan teknis dapat secara langsung memengaruhi efisiensi dan secara tidak langsung memengaruhi keselamatan pasien apabila menghambat akses terhadap data yang dibutuhkan untuk interpretasi.

Aspek legal dan tata kelola juga muncul sebagai isu sentral. Literatur menegaskan bahwa privasi pasien, credentialing, akuntabilitas profesional, serta lisensi lintas yurisdiksi merupakan prasyarat yang tidak dapat diabaikan dalam penyelenggaraan teleradiologi (Simon & Friedland, 2016; (Johnston et al., 2020; , Lindsay et al., 2020; . Dalam konteks praktik lintas wilayah, portabilitas citra digital justru membuat pembatasan geografis tradisional menjadi semakin sulit dipertahankan, sehingga kerangka regulasi perlu berkembang sejalan dengan realitas praktik teleradiologi (Simon & Friedland, 2016; . Dengan demikian, pembahasan ini menunjukkan bahwa keberhasilan teleradiologi tidak hanya ditentukan oleh inovasi teknis, tetapi juga oleh kematangan regulasi dan kejelasan akuntabilitas profesional.



Gambar 6. Hambatan implementasi dalam teleradiologi: tantangan teknis, hukum, organisasi, dan komunikasi.

Isu lain yang sangat penting adalah risiko outsourcing bila tidak dikelola dengan baik. Literatur memperingatkan bahwa teleradiologi yang diimplementasikan melalui model outsourcing eksternal dapat menimbulkan inkonsistensi standar, persoalan akuntabilitas, keterbatasan akses terhadap prior imaging dan riwayat pasien, serta potensi pemeriksaan tambahan yang sebenarnya tidak diperlukan Berry et al., 2021), Berry et al., 2021). Kekhawatiran ini sejalan dengan survei ESR yang menunjukkan adanya variasi antara model insourcing dan outsourcing serta implikasinya terhadap akses informasi dan integrasi sistem "ESR teleradiology survey: results", 2016; , "ESR teleradiology survey: results", 2016). Dari sudut pandang organisasi, temuan ini menegaskan bahwa efisiensi jangka pendek tidak boleh menjadi satu-satunya dasar implementasi. Tanpa kontrol mutu yang kuat, outsourcing justru dapat mengurangi kontrol organisasi terhadap standar layanan dan menimbulkan konsekuensi tidak diinginkan pada mutu klinis, budaya organisasi, dan keselamatan pasien Berry et al., 2021; . Oleh karena itu, manfaat teleradiologi sangat ditentukan oleh desain model layanan dan kapasitas governance yang menyertainya.



Gambar 7. Syarat-syarat teleradiologi yang berkelanjutan: dari koneksi digital hingga transformasi layanan radiologi yang tangguh.

Selain outsourcing, tantangan organisasi juga terkait dengan kebutuhan membangun teamwork, trust, dan komunikasi klinis yang kuat. Studi pada model remote breast assessment menunjukkan bahwa pemeliharaan hubungan kerja dalam tim menjadi salah satu tantangan utama, sementara governance dan komunikasi yang baik justru menjadi faktor enabler implementasi yang aman dan efektif (Johnston et al., 2020; , Lindsay et al., 2020; . Literatur teleworking juga menyoroti risiko depersonalisasi dan berkurangnya komunikasi interpersonal dalam kerja jarak jauh, meskipun kontak dengan klinisi masih dapat

dipertahankan melalui telekomunikasi Martín-Noguerol et al., 2020). Ini menunjukkan bahwa teleradiologi bukan semata isu konektivitas digital, tetapi juga transformasi budaya kerja. Bila dimensi hubungan profesional diabaikan, maka kualitas koordinasi klinis dapat menurun meskipun infrastruktur teknologi sudah tersedia.

Pada aspek ekonomi, pembahasan literatur menunjukkan gambaran yang lebih heterogen. Terdapat indikasi bahwa teleradiologi dapat menghasilkan efisiensi ekonomi yang menguntungkan, terutama dari perspektif pasien, tetapi manfaat tersebut tidak selalu identik dari perspektif rumah sakit atau penyedia layanan (Tanikawa et al., 2019; Akiyama & Yoo, 2016). Analisis cost-minimization di Jepang, misalnya, menunjukkan pengurangan biaya yang konsisten bagi pasien, tetapi penghematan untuk rumah sakit peminta lebih bergantung pada jarak, pemilihan sistem berbiaya rendah, dan penggunaan yang berkelanjutan (Tanikawa et al., 2019; . Hal ini berarti bahwa klaim cost-effectiveness teleradiologi perlu ditempatkan secara hati-hati dan kontekstual. Secara praktis, keuntungan ekonomi tidak dapat diasumsikan universal, melainkan harus dievaluasi sesuai skala implementasi, model bisnis, struktur rujukan, dan kapasitas infrastruktur lokal.

Pembahasan mengenai keamanan data dan adopsi cloud juga memperlihatkan adanya trade-off yang relevan untuk implementasi masa depan. Walaupun isu keamanan sering dianggap sebagai hambatan utama, studi menunjukkan bahwa biaya adopsi, resistensi budaya, dan aturan legal justru sering dipersepsikan sebagai pembatas yang lebih dominan oleh praktisi (Akinsanya et al., 2019; . Temuan ini menunjukkan bahwa strategi implementasi teleradiologi berbasis cloud tidak cukup bila hanya berfokus pada penguatan kontrol teknis keamanan. Diperlukan pula pendekatan organisasi yang mencakup pembiayaan, manajemen perubahan, dan kepatuhan regulatif secara simultan (Akinsanya et al., 2019; Johnston et al., 2020; . Dengan demikian, keputusan adopsi cloud pada teleradiologi pada dasarnya merupakan proses menyeimbangkan keamanan, kemudahan penggunaan, interoperabilitas, dan biaya (Akinsanya et al., 2019; , Goelz et al., 2021; , Martín-Noguerol et al., 2020).

Secara keseluruhan, diskusi ini memperlihatkan bahwa teleradiologi berperan signifikan dalam meningkatkan pelayanan radiologi melalui tiga jalur utama, yaitu peningkatan akses dan pemerataan layanan, penguatan kontinuitas serta ketahanan operasional, dan dukungan terhadap mutu klinis melalui second opinion, peer review, dan jejaring mutu (Bashshur et al., 2016; , Johnston et al., 2020; , Lindsay et al., 2020; , Storjohann et al., 2021; , Dick et al., 2020; , Martín-Noguerol et al., 2020), Mopozov et al., 2018; . Akan tetapi, manfaat tersebut hanya dapat diwujudkan secara optimal apabila implementasi teleradiologi disertai integrasi PACS/RIS yang kuat, interoperabilitas standar yang memadai, akses terhadap informasi klinis yang lengkap, tata kelola mutu yang konsisten, serta pengelolaan risiko organisasi dan legal secara hati-hati "ESR teleradiology survey: results", 2016; , Goelz et al., 2021; , Berry et al., 2021; , Simon & Friedland, 2016; . Dengan kata lain, teleradiologi bukan sekadar inovasi teknologi,

tetapi sebuah model transformasi layanan radiologi yang keberhasilannya ditentukan oleh kualitas integrasi sistem, governance, dan kolaborasi klinis yang menopangnya.

KESIMPULAN

Teleradiologi berperan penting dalam peningkatan pelayanan radiologi karena tidak hanya memungkinkan pembacaan citra secara jarak jauh, tetapi juga mendukung konsultasi antartanaga ahli untuk kasus kompleks. Dalam praktiknya, teleradiologi memperluas akses layanan, terutama di wilayah dengan keterbatasan radiolog, sekaligus memperkuat kontinuitas pelayanan melalui dukungan pembacaan di luar jam kerja, layanan emergensi, dan kerja jarak jauh. Dengan demikian, teleradiologi telah berkembang dari sekadar solusi teknis menjadi model pelayanan yang mendukung fleksibilitas, kolaborasi, dan modernisasi sistem radiologi.

Dari sisi mutu klinis, teleradiologi terbukti mampu memberikan akurasi dan reliabilitas diagnostik yang sebanding dengan radiologi konvensional apabila didukung oleh sistem dan tata kelola yang baik. Pada beberapa konteks layanan, teleradiologi bahkan meningkatkan ketepatan waktu asesmen serta membuka akses terhadap keahlian subspesialis yang tidak tersedia di fasilitas asal. Hal ini menunjukkan bahwa teleradiologi dapat menjadi sarana peningkatan mutu klinis, bukan hanya melalui interpretasi citra, tetapi juga melalui second opinion, peer review, dan jejaring mutu antarfasilitas.

Namun, keberhasilan implementasi teleradiologi sangat bergantung pada integrasi sistem informasi, ketersediaan infrastruktur yang andal, akses terhadap informasi klinis yang lengkap, serta tata kelola mutu yang kuat. Tantangan yang masih perlu diatasi meliputi kendala teknis, isu regulasi dan akuntabilitas, komunikasi antartim, keamanan data, serta risiko penurunan mutu pada model outsourcing yang tidak terkelola dengan baik. Oleh karena itu, pengembangan teleradiologi ke depan perlu diarahkan pada penguatan integrasi PACS/RIS, standarisasi prosedur, regulasi yang jelas, serta pemanfaatan teleradiologi tidak hanya untuk layanan rutin dan emergensi, tetapi juga untuk pendidikan, second opinion, dan peningkatan mutu berkelanjutan.

REFERENSI

- Akinsanya, Opeoluwa O., Maria Papadaki, and Lingfen Sun. 2019. "Factors Limiting the Adoption of Cloud Computing in Teleradiology." *International Journal for Information Security Research* 9(2):854–61. doi:10.20533/ijisr.2042.4639.2019.0098.
- Akiyama, Miki, and Byung-Kwang Yoo. 2016. "A Systematic Review of the Economic Evaluation of Telemedicine in Japan." *Journal of Preventive Medicine and Public Health* 49(4):183–96. doi:10.3961/jpmp.16.043.

- Al-Safadi, Lilac. 2016. "The Effects of Real-Time Interactive Multimedia Teleradiology System." *Biomed Research International* 2016:1–9. doi:10.1155/2016/4126841.
- Bailo, Paolo, Filippo Gibelli, Alberto Blandino, A. Piccinini, Giovanna Ricci, Ascanio Sirignano, and Riccardo Zoja. 2021. "Telemedicine Applications in the Era of COVID-19: Telesurgery Issues." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(1):323. doi:10.3390/ijerph19010323.
- Bashshur, Rashid L., Elizabeth A. Krupinski, James H. Thrall, and Noura Bashshur. 2016. "The Empirical Foundations of Teleradiology and Related Applications: A Review of the Evidence." *Telemedicine and E-Health* 22(11):868–98. doi:10.1089/tmj.2016.0149.
- Berry, Leonard L., Sunjay Letchuman, Nandini Ramani, and Paul Barach. 2021. "The High Stakes of Outsourcing in Health Care." *Mayo Clinic Proceedings* 96(11):2879–90. doi:10.1016/j.mayocp.2021.07.003.
- Dick, Eva, Ajay Raithatha, L. Musker, Julian Redhead, Aayush Mehta, and Dimitri Amiras. 2020. "Remote Reporting in the COVID-19 Era: From Pilot Study to Practice." *Clinical Radiology* 75(9):710.e5–710.e8. doi:10.1016/j.crad.2020.06.016.
- ESR Teleradiology Survey: Results. 2016. *Insights Into Imaging* 7(4):463–79. doi:10.1007/s13244-016-0485-6.
- Fleßa, Steffen. 2021. "Innovations in Healthcare of Peripheral Regions – Greifswald as Incubator for the Baltic Sea Region?" *Acta Medico-Historica Rigensia* 14:118–48. doi:10.25143/amhr.2021.xiv.07.
- Goelz, Leonie, Holger Arndt, Jens Hausmann, Christian Madeja, and Sven Mutze. 2021. "Obstacles and Solutions Driving the Development of a National Teleradiology Network." *Healthcare* 9(12):1684. doi:10.3390/healthcare9121684.
- Habib, Eva, Wendy Krishnaswamy, Judy Wu, Emily K. Schaeffer, and Kishore Mulpuri. 2021. "Evaluating Paediatric Orthopaedic Teleradiology Services at a Tertiary Care Centre." *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 31(1):e69–74. doi:10.1097/bpb.0000000000000850.
- Hossain, Md. I., Nasima Akter, and Abdur Rahman. 2019. "Telemedicine : New Era of Health Service." *Journal of Chittagong Medical College Teachers Association* 30(1):5–11. doi:10.3329/jcmcta.v30i1.62546.
- Hosten, Norbert, Britta Rosenberg, and Andrzej Kram. 2021. "Project Report on Telemedicine: What We Learned About the Administration and Development of a Binational Digital Infrastructure Project." *Healthcare* 9(4):400. doi:10.3390/healthcare9040400.
- Johnston, Karen, Deborah Smith, Robyn Preston, Rebecca Evans, Karen Carlisle, Janet Lengren, Helen Naess, Elizabeth Phillips, Greg Shephard, Lorraine Lydiard, Debbie Lattimore, and Sarah Larkins. 2020. "‘From the Technology Came the Idea’: Safe Implementation and Operation of a High Quality Teleradiology Model Increasing Access to Timely Breast Cancer Assessment Services for

- Women in Rural Australia.” *BMC Health Services Research* 20(1). doi:10.1186/s12913-020-05922-y.
- Latifi, Rifat, Vanda Azevedo, Arian Boci, Afshin Parsikia, Fortesa Latifi, and Ronald C. Merrell. 2021. “Telemedicine Consultation as an Indicator of Local Telemedicine Champions’ Contributions, Health Care System Needs or Both: Tales From Two Continents.” *Telemedicine and E-Health* 27(2):200–206. doi:10.1089/tmj.2019.0290.
- Latifi, Rifat, Afshin Parsikia, Arian Boci, Charles R. Doarn, and Ronald C. Merrell. 2020. “Increased Access to Care Through Telemedicine in Albania: An Analysis of 2,724 Patients.” *Telemedicine and E-Health* 26(2):164–75. doi:10.1089/tmj.2018.0338.
- Lindsay, Daniel, Nicole Bates, Emily Callander, Karen Johnston, Karen Carlisle, Deb Smith, Rebecca Evans, and Sarah Larkins. 2020. “Evaluating the Quality and Safety of the BreastScreen Remote Radiology Assessment Model of Service Delivery in Australia.” *Journal of Telemedicine and Telecare* 29(3):203–10. doi:10.1177/1357633x20975653.
- López, Ana M., Kenneth Lam, and Ramya Thota. 2021. “Barriers and Facilitators to Telemedicine: Can You Hear Me Now?” *American Society of Clinical Oncology Educational Book* (41):25–36. doi:10.1200/edbk_320827.
- Martín-Noguerol, Teodoro, Rafael Lopez-Ortega, Pablo R. Ros, and Antonio Luna. 2020. “Teleworking Beyond Teleradiology: Managing Radiology Departments During the COVID-19 Outbreak.” *European Radiology* 31(2):601–4. doi:10.1007/s00330-020-07205-w.
- Monaghesh, Elham, and Alireza Hajizadeh. 2020. “The Role of Telehealth During COVID-19 Outbreak: A Systematic Review Based on Current Evidence.” *BMC Public Health* 20(1). doi:10.1186/s12889-020-09301-4.
- Petrazzuoli, Ferdinando, Donata Kurpas, Shlomo Vinker, Valentina Sarkisova, Androulla Eleftheriou, Anna Żakowicz, Diederik Aarendonk, and Mehmet Ungan. 2021. “COVID-19 Pandemic and the Great Impulse to Telemedicine: The Basis of the WONCA Europe Statement on Telemedicine at the WHO Europe 70th Regional Meeting September 2020.” *Primary Health Care Research & Development* 22. doi:10.1017/s1463423621000633.
- Quraishi, Mohammed I., Avez A. Rizvi, and R. E. Heidel. 2020. “Off-Site Radiology Workflow Changes Due to the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic.” *Journal of the American College of Radiology* 17(7):878–81. doi:10.1016/j.jacr.2020.05.008.
- Rangachari, Pavani, Swapandeep S. Mushiana, and Krista Herbert. 2021. “A Narrative Review of Factors Historically Influencing Telehealth Use Across Six Medical Specialties in the United States.” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(9):4995. doi:10.3390/ijerph18094995.

- Schlemmer, Heinz-Peter, Leonardo K. Bittencourt, Melvin D'Anastasi, Romeu C. Domingues, Pek-Lan Khong, Zarina Lockhat, Ada Muellner, Maximilian F. Reiser, Richard L. Schilsky, and Hedvig Hricak. 2018. "Global Challenges for Cancer Imaging." *Journal of Global Oncology* 4(4):1–10. doi:10.1200/jgo.17.00036.
- Shen, Yuting, Chen Liang, Wenwen Yue, and Huixiong Xu. 2021. "Digital Technology-Based Telemedicine for the COVID-19 Pandemic." *Frontiers in Medicine* 8. doi:10.3389/fmed.2021.646506.
- Simon, Lisa, and Bernard Friedland. 2016. "Interstate Practice of Dental Teleradiology in the United States: The Effect of Licensing Requirements on Oral and Maxillofacial Radiologists' Practice Patterns." *Telemedicine and E-Health* 22(6):541–45. doi:10.1089/tmj.2015.0162.
- Storjohann, Svea, Michael Kirsch, Britta Rosenberg, Christian Rosenberg, Sandra Lange, Annika Syperck, Frank P. Schweikhard, and Norbert Hosten. 2021. "The Accuracy of On-Call CT Reporting in Teleradiology Networks in Comparison to in-House Reporting." *Healthcare* 9(4):405. doi:10.3390/healthcare9040405.
- Tanikawa, Takumi, Reina Suzuki, Teppei Suzuki, Tomoki Ishikawa, Hiroko Yamashina, Shintaro Tsuji, and Katsuhiko Ogasawara. 2019. "Where Does Telemedicine Achieve a Cost Reduction Effect? Cost Minimization Analysis of Teleradiology Services in Japan." *Telemedicine and E-Health* 25(12):1174–82. doi:10.1089/tmj.2018.0244.
- Yacoub, Joseph H., Carl E. Swanson, Ann K. Jay, Cirrelda Cooper, James B. Spies, and Pranay Krishnan. 2021. "The Radiology Virtual Reading Room: During and Beyond the COVID-19 Pandemic." *Journal of Digital Imaging* 34(2):308–19. doi:10.1007/s10278-021-00427-4.
- Морозов, С. П., Ekaterina Guseva, N. V. Ledikhova, Anton V. Vladzimirsky, and Dmitry Safronov. 2018. "Telemedicine-Based System for Quality Management and Peer Review in Radiology." *Insights Into Imaging* 9(3):337–41. doi:10.1007/s13244-018-0629-y.