



Article

Potensi dan Tantangan Implementasi Blockchain dalam Pengelolaan Citra Medis: Sebuah Tinjauan Literatur

Hani Istiqomah¹, Khoirun Nisa²

¹⁻² Informatika, Universitas Harapan Bangsa, Purwokerto, Indonesia

Corresponding Author: istiqomahhani724@gmail.com

Abstract: Blockchain technology offers a secure, decentralized approach to managing medical data in healthcare. This literature analysis highlights blockchain's potential to enhance data security, reduce manipulation risks, and improve patient privacy by granting individuals control over their medical information. It also boosts data reliability and cyberattack resistance, crucial in healthcare. However, challenges like high energy consumption and computational complexity remain. Further research is necessary to develop efficient solutions for blockchain integration in healthcare, ensuring safe, reliable, and effective data management while addressing these challenges.

Keywords: Blockchain; Citra Medis; Keamanan Data; Privasi Pasien; Desentralisasi

Received: 30 July 2024

Revised: 25 August 2024

Accepted: 4 September 2024

Published: 12 September 2024



Copyright: © 2024 by the authors.

License Universitas Harapan Bangsa, Purwokerto, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Pendahuluan

Dengan munculnya jaringan 5G, Internet of Things, dan Artificial Intelligence, pengobatan cerdas telah muncul sebagai bidang penerapan yang menjanjikan dalam beberapa tahun terakhir. Sistem perawatan kesehatan elektronik (e-healthcare) dianggap sebagai salah satu bidang yang populer, yang memiliki kemampuan untuk memantau dan mendiagnosis status fisik pasien secara real-time berdasarkan data rekam medis pasien. Citra medis merupakan salah satu dari data rekam medis yang semakin banyak dikirim melalui jaringan terbuka sebagai akibat dari kemajuan telemedis dalam deteksi dan diagnosis penyakit jarak jauh (Qamar 2023), (Shen et

al. 2023). Dalam perkembangannya teknologi pencitraan medis diagnostik seperti mesin Computed Tomography (CT) atau Magnetic Resonance Imaging (MRI) memainkan peran penting dalam memberikan diagnosis yang tepat waktu dan akurat kepada pasien yang membutuhkan (Omar et al. 2024). Teknologi Computed Tomography (CT) adalah teknik pencitraan yang umum dan penting. Ini menghasilkan gambar resolusi tinggi dari jaringan tubuh manusia dengan memperoleh gambar sinar-X dari bagian dalam pasien (Kang et al. 2024). Teknologi MRI muncul pada paruh kedua tahun 1980an. Karena kemampuannya dalam membedakan jaringan, spektrum penerapan MRI meluas ke seluruh organ dan sistem manusia. MRI mampu mengeksplorasi aspek morfologi, anatomi, dan fungsional. Selain gambar jaringan dan organ, MRI juga dapat mengkarakterisasi komponen kimia, memberikan ukuran kuantitatif, fungsional, dan menguraikan sifat fisik (de Freitas Almeida, Conceição, and Magalhães 2022).

Saat ini di bidang penelitian medis masyarakat dapat memperoleh informasi citra medis dalam jumlah besar melalui berbagai instrumen dan perlengkapan, dan gambar-gambar tersebut masih tersimpan dalam rekam medis elektronik pasien dalam bentuk data elektronik (Zhao et al. 2023). Volume data medis elektronik yang menakjubkan telah menggantikan rekam medis tradisional yang berbasis kertas. Selain itu, rekam medis elektronik ini berisi informasi penting yang harus disimpan secara andal, sehingga menimbulkan dampak dan tantangan yang sangat besar terhadap sistem manajemen medis saat ini, di mana sebagian besar organisasi layanan kesehatan menggunakan teknologi penyimpanan dan berbagi data terpusat, sehingga membuat pertukaran data menjadi sulit karena kurangnya penyimpanan yang seragam (Sun et al. 2023).

Munculnya masalah seperti terjadi kebocoran data medis, menjadikan masyarakat semakin memperhatikan perlindungan data medis. Data tersebut biasanya berisi informasi pribadi (seperti nama, tanggal lahir, dan hasil pemeriksaan) (Z. Li et al. 2024). Perlindungan data dalam sistem layanan kesehatan telah menjadi isu penting karena meningkatnya kebocoran data rahasia dan sensitif. Dalam beberapa tahun terakhir pelanggaran data di penyedia layanan kesehatan mengakibatkan kerugian sekitar \$15 juta. Sektor layanan kesehatan melaporkan peningkatan sebesar 19,5% dalam jumlah pelanggaran jika dibandingkan dengan sektor lain (de Aguiar et al. 2022). Dalam sistem e-health tradisional, data medis tersebar dan disimpan dalam database berbagai institusi medis, sehingga membuang-buang sumber daya dan tidak kondusif untuk berbagi data. Dengan berkembangnya komputasi awan, sistem e-health berbasis cloud muncul. Database disimpan di cloud pihak ketiga dan teknologi enkripsi yang dapat dicari dapat memastikan bahwa privasi pasien tidak akan bocor dan memiliki efisiensi pencarian yang tinggi. Dalam perkembangannya data yang disimpan di cloud mungkin terkena serangan kolusi (misalnya gangguan berbahaya, penghapusan) sehingga tidak mungkin memverifikasi kebenaran dan integritas data (Gan et al. 2023). Mengadopsi teknologi inovatif untuk mengatasi tantangan yang terkait dengan kebocoran data rahasia dan sensitif dapat menjadi hal yang transformatif. Salah satu teknologi yang berpotensi merevolusi

sektor layanan kesehatan adalah blockchain (Sunny, Undralla, and Madhusudanan Pillai 2020), (Kumar Singh et al. 2023).

Blockchain sangat populer penerapannya di sektor keuangan, namun belakangan ini telah disadari bahwa blockchain dapat menjadi keuntungan bagi sektor kesehatan (Liu et al. 2024). Blockchain adalah rangkaian blok dengan catatan waktu yang disusun oleh komputer dari entitas berbeda (Islam et al. 2020). Informasi disusun menjadi kumpulan data bersama yang terdiri dari blok-blok yang membentuk rantai paket data. Setiap blok berisi beberapa transaksi atau entitas, metadata, stempel waktu, nilai hash blok sebelumnya, dan nonce, nomor acak yang digunakan untuk memverifikasi nilai hash (Rajasekaran, Azees, and Al-Turjman 2022). Hash ini berfungsi sebagai checksum, memungkinkan verifikasi setiap perubahan atau upaya pemalsuan di dalam blok. Fungsi hash untuk setiap blok berikutnya dihitung menggunakan datanya sendiri dan nilai hash blok sebelumnya, sehingga menciptakan batasan integritas antar blok (Siedlecka-Lamch 2023).

Secara umum, teknologi blockchain terdiri dari beberapa komponen penting seperti konsensus, skema kriptografi, alur kerja, dan model data (Belotti et al. 2019). Komponen konsensus bertujuan untuk mencapai kesepakatan di antara peserta sebelum membuat kandidat blok, sementara skema kriptografi mengatasi masalah privasi dan keamanan, khususnya dalam komunikasi. Komponen alur kerja mengatur prosedur sistem untuk menangani permintaan. Model data bertanggung jawab untuk mengatur data dalam sistem. Meskipun terdapat berbagai jenis model, seperti keluaran transaksi yang tidak terpakai, model berbasis akun, atau model nilai kunci, model berbasis akun adalah yang paling banyak digunakan dalam platform blockchain (Nguyen, Nguyen, and Nguyen Gia 2024). Blockchain adalah teknologi penting yang memungkinkan solusi terdesentralisasi, namun juga dapat menimbulkan konsekuensi yang tidak diinginkan. Desentralisasi mengharuskan peserta yang sama untuk mencapai mekanisme konsensus dalam melakukan pembaruan, yang berbeda dengan sentralisasi di mana keputusan dibuat dari satu titik fokus. Oleh karena itu, penggunaan blockchain memerlukan perhatian yang lebih besar terhadap kinerja karena proses konsensus memerlukan upaya komunikasi yang signifikan di antara para peserta untuk memilih pemimpin atau mencapai kesepakatan unik (Nguyen et al. 2021).

Blockchain memungkinkan entitas yang saling terhubung untuk berbagi informasi dan melakukan operasi dengan aman dan transparan, menjadikannya solusi ideal untuk mengelola proses perdagangan peralatan dan data medis yang dimiliki sebelumnya (Alshamsi et al. 2024). Semua pemangku kepentingan yang terlibat dalam proses penggunaan kembali data medis akan mendapat manfaat besar dari fitur bawaan blockchain, yaitu ketertelusuran, anti-pemalsuan, ketahanan, dan ketersediaan (Tandon et al. 2021), (Ertz and Patrick 2020).

Blockchain memiliki beragam implikasi di bidang kesehatan. Buku besar yang didistribusikan dapat memberikan peningkatan keamanan dan transparansi dalam mengelola catatan kesehatan elektronik di bidang kesehatan

(Islam et al. 2020). Berdasarkan data yang dilaporkan oleh IBM, 70% eksekutif layanan kesehatan percaya bahwa blockchain akan memiliki dampak paling signifikan di sektor kesehatan dengan meningkatkan administrasi uji klinis dan kepatuhan terhadap peraturan dan menawarkan landasan terdesentralisasi untuk pertukaran layanan kesehatan elektronik. Data lainnya juga menunjukkan pasar teknologi blockchain di bidang perawatan kesehatan di seluruh dunia diperkirakan melebihi \$500 juta pada tahun 2022 (Noman et al. 2023).

Keuntungan dasar dari teknologi blockchain mencakup desentralisasi, jaringan peer-to-peer, kekekalan, keamanan, dan transparansi. Jika data dimasukkan kembali ke dalam record, data asli tidak akan dihapus, melainkan diperbarui. Setiap blok di blockchain memiliki stempel waktu permanen yang menunjukkan otentikasi dan verifikasi. Berdasarkan keuntungan di atas menunjukkan bahwa struktur blockchain dapat secara efektif menyelesaikan masalah verifikasi data rekam medis elektronik dan memastikan bahwa konten data tidak akan dirusak (Lee et al. 2022).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian Literature Review dengan cara pengumpulan informasi yang didapatkan dari studi terdahulu yang terkait dengan penggunaan teknologi blockchain dalam bidang kesehatan, terutama dalam konteks pengolahan citra medis. Pencarian data literature dilakukan melalui database online seperti Science Direct, IEEE, dan SpringerLink dalam rentang waktu lima tahun terakhir.

Dari kumpulan literatur yang ditemukan, dilakukan filter dengan menggunakan kriteria tertentu. Proses seleksi dilakukan dengan teliti, mempertimbangkan relevansi dan kualitas setiap artikel. Kriteria tersebut mencakup aspek-aspek seperti metode penggunaan teknologi blockchain dalam pengolahan citra medis, keamanan data medis, efektivitas deteksi penyakit, dan kontribusi terhadap perkembangan teknologi dalam bidang kesehatan.

Setelah proses seleksi, referensi yang sesuai dipilih untuk analisis. Ini bertujuan memahami pendekatan teknologi blockchain dalam pengolahan citra medis, mengevaluasi kelebihan dan kekurangan, serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian. Langkah-langkah metodologi ini akan memastikan bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemahaman dan penerapan teknologi blockchain dalam pengolahan citra medis, serta mengidentifikasi arah penelitian yang potensial untuk diteliti lebih lanjut.

Studi Literatur

Berdasarkan hasil pencarian studi literatur mengenai implementasi blockchain dalam bidang kesehatan dari berbagai sumber, diperoleh hasil penelitian terdahulu sebagai berikut dengan analisis hasil penelitian, kelebihan dan kekurangan penelitian.

Tabel 1. Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Hasil	Kelebihan	Kekurangan
1.	Blockchain and homomorphic encryptionbased privacy-preserving model aggregation for medical images (Kumar et al. 2022).	Rajesh Kumar	Pengembangan sebuah kerangka kerja federated learning berbasis blockchain yang memungkinkan pelatihan data kolaboratif dan desentralisasi model pembelajaran federated tanpa melibatkan server pusat. Selain itu, skema enkripsi homomorfik digunakan untuk mengamankan model lokal yang mengenkripsi dan mendekripsi gradien, serta model dibagikan melalui platform terdesentralisasi melalui algoritma pembelajaran federated berbasis blockchain.	Mampu melatih model lokal dengan jaringan kapsul yang inovatif untuk segmentasi dan klasifikasi gambar COVID-19. Menggunakan skema enkripsi homomorfik untuk mengamankan model lokal dan gradien, sehingga menjaga privasi data rumah sakit. Membangun kerangka kerja pembelajaran federated berbasis blockchain yang memungkinkan pelatihan data kolaboratif dan desentralisasi model federated.	Masih terdapat kekhawatiran privasi dan keamanan terkait pembelajaran federated, terutama terkait dengan gradien model lokal yang dapat dibagikan tanpa mengorbankan keamanan dan privasi data. Masih ada ketidakpastian tentang keaslian pengguna dalam berbagi model, sehingga masih kurangnya kepercayaan di antara berbagai kelompok.
2.	Research on medical data storage and sharing model based on blockchain (Zhao et al. 2023).	Jian Zhao	Pengembangan model penyimpanan dan berbagi data medis yang aman menggunakan teknologi blockchain dan enkripsi homomorfik. Model ini memungkinkan penyimpanan yang aman dan berbagi data medis pribadi antara berbagai institusi medis.	Kelebihan dari model ini termasuk keamanan yang lebih baik dibandingkan dengan model penyimpanan dan berbagi data medis tradisional, serta kemampuan untuk melakukan operasi normal pada data terenkripsi selama proses transmisi.	Kekurangan dari model ini adalah tingginya komputasi yang diperlukan oleh teknologi enkripsi homomorfik, yang memerlukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan alternatif yang lebih efektif.
3.	An efficient privacy-preserving control mechanism based on blockchain for E-health applications (Naser Alsuqaih et al. 2023).	Hanan Naser Alsuqaih	Paper ini berhasil mengembangkan mekanisme pengendalian yang efisien berbasis blockchain untuk aplikasi E-health. Dengan menggunakan blockchain, informasi kesehatan pasien dapat disimpan dengan aman dan terenkripsi, sambil	Memberikan solusi inovatif dalam menjaga privasi data pasien dalam konteks aplikasi E-health dengan memanfaatkan teknologi blockchain. Pendekatan ini dapat membuka peluang baru dalam pengelolaan informasi	Keterbatasan dalam hal evaluasi eksperimental karena struktur blockchain yang diusulkan berbeda dari yang sudah ada. Hal ini dapat mempengaruhi validitas dan generalisasi temuan yang diusulkan.

			<p>tetap memungkinkan akses yang diperlukan oleh pihak yang berwenang.</p>	<p>kesehatan yang aman dan terpercaya.</p>	
4.	<p>Securing synthetic faces: A GAN-blockchain approach to privacy-enhanced facial recognition (Ul Ghani et al. 2024).</p>	<p>Muhammad Ahmad Nawaz Ul Ghani</p>	<p>Paper ini berhasil mengembangkan kerangka kerja yang mengintegrasikan GANs, algoritma clustering, dan teknologi Blockchain untuk meningkatkan privasi dalam pengenalan wajah. Privacy-Preserving Self-Attention GAN (PPSA-GAN) mampu menghasilkan gambar wajah sintesis yang realistis dengan skor evaluasi yang mengesankan. Integrasi algoritma clustering mini-batch K-means dan Blockchain memperkuat keamanan data dan privasi dalam pengenalan wajah.</p>	<p>Penggunaan self-attention mechanism dalam PPSA-GAN meningkatkan kualitas dan koherensi gambar yang dihasilkan. Integrasi algoritma clustering memungkinkan anonimitas data dengan mempartisi gambar-gambar sintesis ke dalam kelompok-kelompok. Penggunaan Blockchain memberikan keamanan data yang tinggi dan catatan transparan yang tidak dapat dimanipulasi.</p>	<p>Paper ini tidak memberikan evaluasi yang komprehensif terkait trade-offs dan batasan dari setiap komponen desain yang digunakan. Penggunaan self-attention mechanism mungkin meningkatkan kompleksitas komputasional dan mempengaruhi efisiensi pelatihan. Fokus pada keamanan dan integritas data melalui Blockchain mungkin mengabaikan masalah skalabilitas dan konsumsi energi yang tinggi terkait dengan proses penambangan.</p>
5.	<p>A dynamic Bayesian network model for resilience assessment in blockchain-based internet of medical things with time variation (Shah et al. 2023).</p>	<p>Chiranji Shah</p>	<p>Penelitian ini berhasil mengidentifikasi komponen-komponen kritis yang penting bagi ketangguhan sistem IoMT yang didukung oleh blockchain, serta mengusulkan model grafis Bayesian network probabilitas yang memperhitungkan perubahan temporal untuk mengevaluasi ketangguhan dinamis sistem IoMT yang didukung oleh blockchain. Selain itu, pendekatan teori informasi juga diaplikasikan untuk mengurangi ketidakpastian kinerja</p>	<p>Paper ini menguraikan metode untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan ketahanan sistem dengan memperhitungkan probabilitas kondisional dari beberapa simpul dalam subkomponen, serta mempertimbangkan kemampuan sistem untuk pulih dari gangguan yang terjadi pada berbagai waktu. Selain itu, paper ini juga melibatkan ahli dalam menetapkan probabilitas simpul sistem dan</p>	<p>Kurangnya fokus pada penilaian ketahanan secara probabilistik dan dinamis, serta ketidaksesuaian terhadap perilaku yang berkembang dari ancaman dan ketidakpastian dalam sistem kesehatan. Paper ini juga belum sepenuhnya menguraikan strategi untuk memastikan keamanan dan fungsionalitas ekosistem IoMT. Selain itu, terdapat kebutuhan untuk lebih mendalami penggunaan teori informasi dalam</p>

			ketangguhan sistem IoMT berbasis blockchain dan subkomponennya yang krusial.	memverifikasi prediksi probabilitas simpul menggunakan pendekatan berbasis jaringan Bayesian.	mengatasi ketidakpastian dalam sistem IoMT berbasis blockchain.
6.	Deep learning and medical image processing for coronavirus (COVID-19) pandemic: A survey (Bhattacharya et al. 2021).	Sweta Bhattacharya	Hasil dari penelitian ini adalah bahwa penerapan kecerdasan buatan (AI) dan teknik deep learning (DL) memiliki potensi besar dalam mendeteksi dan memantau COVID-19 menggunakan citra medis. Berbagai model DL, seperti Convolutional Neural Networks (CNN) dan Self-supervised learning, telah digunakan untuk mendeteksi COVID-19 dari gambar sinar-X dan CT scan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, teknik transfer learning juga telah terbukti efektif dalam mendeteksi COVID-19 dengan dataset yang lebih kecil. Penelitian ini juga menyoroti tantangan dalam mendeteksi COVID-19, seperti kesamaan gejala pneumonia biasa dan pneumonia COVID-19, serta variasi dalam proses pengujian di rumah sakit yang dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam label data.	Kelebihan dari penelitian ini adalah bahwa penelitian ini menyoroti penggunaan teknik deep learning (DL) dan pemrosesan citra medis dalam deteksi COVID-19. Penelitian ini juga menekankan tantangan yang terkait dengan implementasi teknik ini serta memberikan rekomendasi yang serius untuk komunitas penelitian dan otoritas administratif dalam upaya melawan penyakit ini. Selain itu, penelitian ini memberikan informasi komprehensif tentang berbagai implementasi DL dalam COVID-19 menggunakan dataset citra waktu nyata dan yang tersedia secara publik.	Kekurangan dari penelitian ini termasuk kurangnya survei yang menekankan aplikasi kerangka kerja pembelajaran mendalam (DL) dan pemrosesan citra dalam prediksi kasus COVID-19. Selain itu, penelitian ini juga menghadapi tantangan dalam hal privasi data pasien, kurangnya dataset besar dengan citra berkualitas tinggi untuk pelatihan, dan kurangnya model DL yang diimplementasikan pada citra CT dan MRI yang biasanya berdimensi 3D.
7.	A privacy-aware method for COVID-19 detection in chest CT images using lightweight deep conventional neural network	Arash Heidari	Pengembangan metode deteksi COVID-19 dari gambar CT dada menggunakan teknologi blockchain dan deep learning. Metode yang diusulkan menunjukkan peningkatan dalam presisi, recall, F1 score,	Kelebihan dari paper ini adalah penggunaan teknologi blockchain untuk memastikan keamanan dan privasi data saat melatih model deep learning global. Selain itu,	belum mempertimbangkan faktor keamanan secara menyeluruh dalam semua aspek metode yang diusulkan. Selain itu, paper ini juga mencatat bahwa

	and blockchain (Heidari et al. 2022).		dan akurasi dibandingkan dengan metode terkini lainnya.	metode yang diusulkan juga menggunakan Transfer Learning untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi deteksi COVID-19.	metode yang diusulkan memiliki tingkat konsumsi energi yang cukup tinggi.
8.	Using fused Contourlet transform and neural features to spot COVID19 infections in CT scan images (A-Alam, Khan, and Nasir 2023).	Nur A-Alam	Paper ini berhasil mengusulkan sebuah metode untuk deteksi dini COVID-19 menggunakan gambar CT scan yang menggabungkan teknik segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Metode yang diusulkan mampu mencapai akurasi 99,98% dalam mendeteksi COVID-19.	Metode yang diusulkan mampu mengungguli pendekatan lain dalam hal akurasi dan generalisasi. Penggunaan teknik ensemble classifier dengan fitur yang dioptimalkan menggunakan BDE menunjukkan kinerja yang lebih baik daripada metode lain. Paper ini memberikan kontribusi dalam penelitian deteksi COVID-19 menggunakan teknik machine learning dan deep learning	Tidak disebutkan apakah metode yang diusulkan telah diimplementasikan atau diuji coba di lingkungan klinis nyata. Tidak disebutkan apakah terdapat keterbatasan atau kelemahan tertentu dari metode yang diusulkan. Tidak disebutkan apakah hasil dari penelitian ini telah dipublikasikan dalam jurnal ilmiah terkemuka.
9.	COVID-19 identification and analysis using CT scan images: Deep transfer learning-based approach (Mohbey et al. 2022).	Krishna Kumar Mohbey	Paper ini membahas penggunaan pendekatan deep transfer learning untuk identifikasi dan analisis COVID-19 menggunakan gambar CT scan. Model yang diusulkan mencapai akurasi 95% dan lebih unggul daripada model lain seperti CNN dan Xception Net. Transfer learning digunakan untuk mengklasifikasikan COVID-19 dalam CT scan, dan penelitian ini bertujuan untuk membantu penyedia layanan kesehatan membuat keputusan yang terinformasi.	Model yang diusulkan mencapai akurasi 95%, lebih tinggi daripada model lain seperti CNN dan Xception Net. Penelitian ini menyoroti pentingnya solusi berbasis blockchain dalam bidang kesehatan dan potensi penggunaan model deep learning untuk prediksi penyakit dan bantuan di masa depan. Model VGG19 unggul dalam hal akurasi, presisi, recall, skor F1, AUC, dan kerugian	Keterbatasan dalam generalisasi model ketika diterapkan pada dataset yang berbeda atau di luar kondisi pelatihan. Kebutuhan untuk evaluasi lebih lanjut terhadap validitas dan keandalan algoritma dalam skenario dunia nyata, terutama dalam kondisi di mana variasi data lebih kompleks.

10.	Retinal photograph-based deep learning algorithms for myopia and a blockchain platform to facilitate artificial intelligence medical research: a retrospective multicohort study Schmetterer, L., et al. (2021).	Tien-En Tan FRCOph	Paper ini berhasil mengembangkan algoritma deep learning yang memiliki akurasi tinggi dalam mendeteksi degenerasi makula miopia dan miopia tinggi. Algoritma ini melebihi penilai manusia ahli dalam tugas tersebut. Platform AI yang didukung blockchain juga berhasil diterapkan untuk validasi data dengan aman dan kolaborasi.	Penggunaan platform AI yang didukung blockchain untuk transfer data yang aman dan pengujian model di berbagai lokasi. Algoritma deep learning yang dikembangkan menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas tinggi dalam mendeteksi miopia tinggi dan degenerasi makula miopia .	Terdapat keterbatasan dalam kemampuan algoritma untuk mendeteksi komplikasi miopia spesifik dan variasi dalam definisi miopia tinggi . Performa algoritma pada dataset eksternal tertentu menunjukkan spesifisitas yang rendah.
11.	A systematic review of privacy-preserving methods deployed with blockchain and federated learning for the telemedicine (Hiwale et al. 2023).	Madhuri Hiwale	Paper ini membahas integrasi teknologi blockchain dan federated learning dalam bidang kesehatan, dengan fokus pada metode-metode yang menjaga privasi dan meningkatkan efisiensi sistem kesehatan. Penelitian ini juga membahas manfaat dan tantangan dari penggunaan teknologi blockchain dan federated learning dalam sistem kesehatan, serta memberikan gambaran tentang arah masa depan integrasi kedua teknologi ini dalam aplikasi kesehatan.	Memberikan gambaran tentang potensi teknologi blockchain dan federated learning dalam meningkatkan kualitas perawatan kesehatan. Menyoroti pentingnya teknologi blockchain dan federated learning dalam memperkuat sistem kesehatan jarak jauh. Selain itu, membahas metode-metode yang menjaga privasi dalam aplikasi kesehatan menggunakan blockchain dan federated learning.	Terdapat keterbatasan dalam penelitian ini, seperti fokus pada artikel jurnal dan konferensi tertentu yang mungkin mengakibatkan ketidaklengkapannya terhadap literatur yang relevan. Tidak disebutkan secara spesifik tentang hasil penelitian yang dihasilkan dari integrasi blockchain dan federated learning dalam aplikasi kesehatan.
12.	A blockchain-enabled internet of medical things system for breast cancer detection in healthcare (Chaudhury and Sau 2023).	Sushovan Chaudhur	Paper ini menunjukkan bahwa penggunaan secure GRU-RNN dalam deteksi kanker payudara dan penyakit jantung menghasilkan peningkatan dalam presisi dan recall dibandingkan dengan	Secure GRU-RNN menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam presisi dan recall dibandingkan dengan metode tradisional dalam deteksi kanker payudara dan penyakit jantung.	Paper tidak memberikan informasi tentang potensi kelemahan atau batasan dari metode yang diusulkan, seperti waktu komputasi yang dibutuhkan atau

			<p>metode tradisional. Secure GRU-RNN mampu mencapai peningkatan sebesar 3.91% dalam presisi dan 0.7% dalam recall untuk data kanker payudara, serta 2.5% dalam presisi dan 4.9% dalam recall untuk data penyakit jantung.</p>	<p>Penggunaan teknologi blockchain dalam pertukaran data kesehatan dapat meningkatkan keandalan dan keamanan informasi. Penggunaan teknologi canggih seperti deep neural networks dalam prediksi kanker payudara dapat membantu mengurangi tingkat kematian akibat penyakit tersebut.</p>	<p>kompleksitas implementasi. Tidak ada informasi yang disediakan tentang dampak sosial atau etika penggunaan teknologi blockchain dalam bidang kesehatan. Tidak ada informasi tentang validasi eksternal atau pengujian lapangan dari metode yang diusulkan.</p>
13.	<p>Previewable Contract-Based On-Chain X-Ray Image Sharing Framework for Clinical Research (M. M. Li and Kuo 2021).</p>	<p>Megan Mun Li</p>	<p>Paper ini menyajikan sebuah kerangka kerja berbasis blockchain untuk berbagi gambar sinar-X dada dalam penelitian klinis. Studi ini menunjukkan bahwa menggunakan blockchain untuk menyimpan gambar medis dapat memberikan ketidakberubahannya, ketersediaan, dan provenans langsung kepada gambar-gambar tersebut. Metode pembagian dan penggabungan gambar juga berhasil mengatasi masalah penanganan gambar besar, dan fitur pratinjaunya dapat mengurangi latensi tampilan .</p>	<p>Penggunaan blockchain untuk menyimpan gambar medis memberikan ketidakberubahannya, ketersediaan, dan provenans langsung kepada gambar-gambar tersebut. Metode pembagian dan penggabungan gambar berhasil mengatasi masalah penanganan gambar besar.</p>	<p>Studi ini hanya menggunakan 920 gambar yang tersedia secara publik untuk evaluasi, sehingga generalisasi hasil mungkin terbatas. Penelitian ini fokus pada gambar sinar-X dada, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji metode ini pada jenis gambar medis lainnya.</p>
14.	<p>A federated learning framework for pneumonia image detection using distributed data (Kareem, Liu, and Velisavljevic 2023).</p>	<p>Amer Kareem</p>	<p>Paper ini berhasil mengeksplorasi penggunaan model pembelajaran mesin, seperti ResNet-50, DenseNet, VGG19, Inception, dan AlexNet, untuk deteksi pneumonia dalam gambar sinar-X dada. Hasil awal</p>	<p>Paper ini berhasil menyoroti penggunaan pembelajaran federated untuk menjaga privasi data medis. Studi ini mencakup berbagai model pembelajaran mesin dan teknik</p>	<p>Beberapa model, seperti VGG16, memiliki kinerja yang lambat dan membutuhkan waktu pelatihan yang lama. Ada tantangan dalam mengimplementasikan pembelajaran federated dalam</p>

			menunjukkan bahwa ResNet-50 memiliki performa terbaik dengan akurasi 93%. Studi juga menunjukkan bahwa VGG16 mencapai akurasi 96.2% dalam membedakan pneumonia bakteri dan virus. Selain itu, FL_ResNet-50 mencapai tingkat positif benar tertinggi dalam kerangka pembelajaran federated.	pemeliharaan privasi, seperti enkripsi dan pembelajaran federated. Hasil penelitian menunjukkan performa yang menjanjikan dalam deteksi penyakit menggunakan gambar medis.	perawatan kesehatan, termasuk optimisasi hiperparametr dan enkripsi. Ada perbedaan performa antara model individu dan versi pembelajaran federated, dengan beberapa model tampil lebih baik tanpa pembelajaran federated.
15.	ECDSA-based tamper detection in medical data using a watermarking technique (Ch et al. 2024).	Rupa Ch, Naga Vivek K	Paper ini menghasilkan sebuah teknik watermarking digital yang aman dan tangguh yang dikhususkan untuk gambar medis otak, menggunakan hashing, ECDSA, dan IWT-DCT. Teknik ini bertujuan untuk mengatasi tantangan-tantangan kritis seperti integritas data, deteksi manipulasi, dan kekhawatiran privasi pasien dalam praktik telemedis.	Kelebihan dari paper ini adalah pengembangan teknik watermarking yang aman dan efektif untuk gambar medis otak, serta peningkatan keamanan data medis menggunakan metode deteksi manipulasi berbasis ECDSA.	Teknik watermarking pada paper dapat berpotensi penurunan kualitas gambar setelah watermark disematkan, atau kemungkinan watermark dapat dihilangkan atau diubah oleh penyerang yang canggih.

Results and Discussion

Hasil analisis dari studi literatur yang telah ditemukan sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan teknologi blockchain memberikan beberapa kelebihan. Salah satunya adalah meningkatkan keamanan dan privasi data medis. Dengan menggunakan blockchain, informasi kesehatan pasien dapat disimpan secara aman dan terenkripsi, menjaga privasi data rumah sakit. Penggunaan blockchain juga memungkinkan pembentukan catatan transaksi yang tidak dapat dimanipulasi, meningkatkan keandalan dan ketahanan terhadap serangan.

Dalam penggunaan blockchain terdapat beberapa tantangan yang masih perlu diatasi terkait dengan penggunaan blockchain dalam konteks kesehatan. Salah satunya adalah tingginya konsumsi energi yang dibutuhkan oleh teknologi blockchain, serta kompleksitas komputasional yang dapat memperlambat proses. Dalam penggunaan teknologi blockchain juga terdapat kekhawatiran terkait dengan validitas dan generalisasi temuan dalam konteks

struktur blockchain yang diusulkan, yang mungkin mempengaruhi kepercayaan dan penerapan teknologi ini dalam skala yang lebih luas.

Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam mengintegrasikan teknologi blockchain dalam aplikasi kesehatan. Ini meliputi penelitian untuk mengurangi konsumsi energi, meningkatkan kecepatan transaksi, dan memperkuat keamanan serta privasi data medis. Dengan demikian, pengembangan teknologi blockchain dalam konteks kesehatan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan pengelolaan informasi kesehatan yang aman dan terpercaya.

Peluang dan Tantangan Blockchain

Tantangan penerapan blockchain dalam citra medis meliputi privasi data yang sulit diidentifikasi, permintaan besar akan data oleh penyedia layanan, dan biaya komunikasi data yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat transparan dan permanen dari blockchain, yang dapat menyimpan informasi secara terbuka dan sulit dihapus atau dimodifikasi (Heo and Doh 2024). Selain itu, ada masalah potensial terkait dengan kebocoran privasi, di mana penyimpanan cloud dapat mengakses atau bahkan memanipulasi informasi rahasia dalam ciphertext (Hou et al. 2023). Meskipun blockchain menyediakan langkah-langkah keamanan, tetap ada kekhawatiran tentang integritas dan kerahasiaan data medis, terutama selama transmisi antara perangkat tepi dan server cloud. Kebutuhan akan teknik enkripsi yang kuat dan mekanisme otentikasi untuk melindungi privasi data dan mencegah akses tidak sah menjadi sangat penting dalam konteks ini (Sutradhar et al. 2024).

Penerapan blockchain pada kesehatan, khususnya dalam citra medis, bertujuan untuk menciptakan sistem manajemen data kesehatan yang terdesentralisasi dengan berbagai keunggulan. Teknologi blockchain menawarkan transparansi, jejak rekam yang tak dapat diubah, serta penghapusan perantara dalam proses pengambilan keputusan. Dengan menggunakan blockchain, sistem manajemen data kesehatan dapat mengkoordinasikan peristiwa yang terjadi pada rantai data (on-chain events) dan di luar rantai data (off-chain events) (Ng et al. 2021). Adapun kelemahan blockchain dalam citra medis termasuk risiko keamanan dan privasi data, ketergantungan pada teknologi kompleks, keterbatasan skala dan efisiensi operasional, serta biaya implementasi yang tinggi. Meskipun blockchain menawarkan potensi untuk meningkatkan akses dan kontrol pasien terhadap data medis, tantangan-tantangan ini perlu diatasi untuk memastikan keberhasilan implementasi dan perlindungan data yang memadai (Anik et al. 2023).

Masalah privasi dan keamanan terkait dengan data medis yang sensitif dalam konteks penggunaan teknologi blockchain dalam citra medis adalah hal yang penting. Penggunaan teknologi blockchain dalam citra medis memungkinkan penyimpanan dan pertukaran data yang aman serta terpercaya, tanpa kebutuhan akan perantara

sentral. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana memastikan bahwa data medis sensitif tetap terlindungi dari akses yang tidak sah atau penggunaan yang tidak sah (Popoola et al. 2024). Penyimpanan yang aman dari data pasien menjadi semakin penting seiring dengan bertambahnya perangkat yang terhubung. Ancaman keamanan dapat menyebabkan kebocoran informasi pribadi pasien, yang dapat mengakibatkan penyalahgunaan identitas dan akses ilegal ke data sensitive (Wagan et al. 2022).

Beberapa hambatan yang perlu diatasi termasuk biaya implementasi yang tinggi, integrasi dengan sistem kesehatan yang sudah ada, dan kompleksitas teknis dalam mengelola dan menyimpan data citra medis secara aman dan efisien (Aman et al. 2024). Namun, analisis biaya implementasi menunjukkan bahwa biaya eksekusi meningkat seiring dengan peningkatan tingkat transaksi, terutama karena jumlah blok yang terlibat dalam sistem (Alenizi, Mishra, and Baihan 2024). Meskipun demikian, blockchain memiliki potensi besar dalam menekan biaya sistem kesehatan, meningkatkan efisiensi, dan meningkatkan keamanan data, terutama dalam manajemen data pasien dan transfer data. Dengan demikian, penggunaan blockchain dalam sistem kesehatan menawarkan peluang besar untuk meningkatkan kualitas layanan kesehatan dan efektivitas operasional (J et al. 2023).

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan studi literatur, implementasi teknologi blockchain dalam penyimpanan citra medis menjanjikan perubahan fundamental dalam cara data medis dikelola dan disimpan. Studi literatur menyoroti potensi besar blockchain untuk meningkatkan keamanan, privasi, dan integritas data medis, serta mengurangi risiko pencurian atau manipulasi data. Penggunaan teknologi ini dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangan siber dan memberikan kontrol langsung kepada pasien atas informasi medis mereka.

Dalam penerapannya teknologi blockchain memiliki tantangan seperti konsumsi energi yang tinggi dan kompleksitas komputasional blockchain masih perlu diatasi. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam mengintegrasikan teknologi blockchain dalam aplikasi kesehatan.

Berdasarkan hasil tersebut meskipun ada tantangan yang harus diatasi dalam pengembangan teknologi blockchain dalam konteks kesehatan, blockchain memiliki potensi untuk memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan pengelolaan informasi kesehatan yang aman, terpercaya, dan efisien.

Daftar Pustaka

A-Alam, Nur, Md. Saikat Islam Khan, and Mostofa Kamal Nasir. 2023. "Using Fused Contourlet Transform and Neural Features to Spot COVID19 Infections in CT Scan Images." *Intelligent Systems with Applications* 17:

200182. doi:10.1016/j.iswa.2023.200182.
- de Aguiar, Erikson J., Alyson J. dos Santos, Rodolfo I. Meneguette, Robson E. De Grande, and Jó Ueyama. 2022. "A Blockchain-Based Protocol for Tracking User Access to Shared Medical Imaging." *Future Generation Computer Systems* 134: 348–60. doi:10.1016/j.future.2022.04.017.
- Alenizi, Abdullah, Shailendra Mishra, and Abdullah Baihan. 2024. "Enhancing Secure Financial Transactions through the Synergy of Blockchain and Artificial Intelligence." *Ain Shams Engineering Journal* 15(6): 102733. doi:10.1016/j.asej.2024.102733.
- Alshamsi, Hamdan, Saeed Alteneiji, Mohammad Madine, Ahmad Musamih, Mohamed Nemer, Khaled Salah, Raja Jayaraman, Jiju Antony, and Mohammed Omar. 2024. "Blockchain-Based Resale and Leasing of Pre-Owned Medical Equipment." *Technology in Society* 77: 102549. doi:10.1016/j.techsoc.2024.102549.
- Aman, Azana Hafizah Mohd, Norazuwana Shaari, Zainab S. Attar Bashi, Saman Iftikhar, Shaikhan Bawazeer, Siti Hasanah Osman, and Nor Shahida Hasan. 2024. "A Review of Residential Blockchain Internet of Things Energy Systems: Resources, Storage and Challenges." *Energy Reports* 11: 1225–41. doi:10.1016/j.egyr.2023.12.062.
- Anik, Fahim Islam, Nazmus Sakib, Hossain Shahriar, Yixin Xie, Helal An Nahiyen, and Sheikh Iqbal Ahamed. 2023. "Unraveling a Blockchain-Based Framework towards Patient Empowerment: A Scoping Review Envisioning Future Smart Health Technologies." *Smart Health* 29: 100401. doi:10.1016/j.smhl.2023.100401.
- Belotti, Marianna, Nikola Bozic, Guy Pujolle, and Stefano Secci. 2019. "A Vademecum on Blockchain Technologies: When, Which, and How." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 21(4): 3796–3838. doi:10.1109/COMST.2019.2928178.
- Bhattacharya, Sweta, Praveen Kumar Reddy Maddikunta, Quoc-Viet Pham, Thippa Reddy Gadekallu, Siva Rama Krishnan S, Chiranji Lal Chowdhary, Mamoun Alazab, and Md. Jalil Piran. 2021. "Deep Learning and Medical Image Processing for Coronavirus (COVID-19) Pandemic: A Survey." *Sustainable Cities and Society* 65: 102589. doi:10.1016/j.scs.2020.102589.
- Ch, Rupa, Naga Vivek K, Gautam Srivastava, and Reddy Gadekallu. 2024. "ECDSA-Based Tamper Detection in Medical Data Using a Watermarking Technique." *International Journal of Cognitive Computing in Engineering* 5: 78–87. doi:10.1016/j.ijcce.2024.01.003.
- Chaudhury, Sushovan, and Kartik Sau. 2023. "A Blockchain-Enabled Internet of Medical Things System for Breast Cancer Detection in Healthcare." *Healthcare Analytics* 4: 100221. doi:10.1016/j.health.2023.100221.
- Ertz, Myriam, and Kubiak Patrick. 2020. "The Future of Sustainable Healthcare: Extending Product Lifecycles." *Resources, Conservation and Recycling* 153: 104589. doi:10.1016/j.resconrec.2019.104589.
- de Freitas Almeida, João Flávio, Samuel Vieira Conceição, and Virgínia Silva Magalhães. 2022. "An Optimization Model for Equitable Accessibility to Magnetic Resonance Imaging Technology in Developing Countries." *Decision Analytics Journal* 4: 100105. doi:10.1016/j.dajour.2022.100105.
- Gan, Chenquan, Hongpeng Yang, Qingyi Zhu, Yiye Zhang, and Akanksha Saini. 2023. "An Encrypted Medical Blockchain Data Search Method with Access Control Mechanism." *Information Processing & Management* 60(6): 103499. doi:10.1016/j.ipm.2023.103499.
- Heidari, Arash, Shiva Toumaj, Nima Jafari Navimipour, and Mehmet Unal. 2022. "A Privacy-Aware Method for COVID-19 Detection in Chest CT Images Using Lightweight Deep Conventional Neural Network and Blockchain." *Computers in Biology and Medicine* 145: 105461. doi:10.1016/j.compbio.2022.105461.

- Heo, Gabin, and Inshil Doh. 2024. "Blockchain and Differential Privacy-Based Data Processing System for Data Security and Privacy in Urban Computing." *Computer Communications* 222: 161–76. doi:10.1016/j.comcom.2024.04.027.
- Hiwale, Madhuri, Rahee Walambe, Vidyasagar Potdar, and Ketan Kotecha. 2023. "A Systematic Review of Privacy-Preserving Methods Deployed with Blockchain and Federated Learning for the Telemedicine." *Healthcare Analytics* 3: 100192. doi:10.1016/j.health.2023.100192.
- Hou, Xuanyang, Leyou Zhang, Qing Wu, and Fatemeh Rezaeibagha. 2023. "Collusion-Resistant Dynamic Privacy-Preserving Attribute-Access Control Scheme Based on Blockchain." *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 35(8): 101658. doi:10.1016/j.jksuci.2023.101658.
- Islam, Iyolita, Kazi Md. Munim, Shahrima Jannat Oishwee, A. K. M. Najmul Islam, and Muhammad Nazrul Islam. 2020. "A Critical Review of Concepts, Benefits, and Pitfalls of Blockchain Technology Using Concept Map." *IEEE Access* 8: 68333–41. doi:10.1109/ACCESS.2020.2985647.
- J, Andrew, Deva Priya Isravel, K. Martin Sagayam, Bharat Bhushan, Yuichi Sei, and Jennifer Eunice. 2023. "Blockchain for Healthcare Systems: Architecture, Security Challenges, Trends and Future Directions." *Journal of Network and Computer Applications* 215: 103633. doi:10.1016/j.jnca.2023.103633.
- Kang, Xuan, Xinlei Zhang, Yuqing Wu, Luchen Li, Pan Chen, and Mingjian Kong. 2024. "Medical CT Image Diagnosis and Simulation of Drug Sedation during Ultrasound-Guided Transbronchial Needle Aspiration Process." *Medical Engineering & Physics*: 104141. doi:10.1016/j.medengphy.2024.104141.
- Kareem, Amer, Haiming Liu, and Vladan Velisavljevic. 2023. "A Federated Learning Framework for Pneumonia Image Detection Using Distributed Data." *Healthcare Analytics* 4: 100204. doi:10.1016/j.health.2023.100204.
- Kumar, Rajesh, Jay Kumar, Abdullah Aman Khan, Zakria, Hub Ali, Cobbinah M. Bernard, Riaz Ullah Khan, and Shaoning Zeng. 2022. "Blockchain and Homomorphic Encryption Based Privacy-Preserving Model Aggregation for Medical Images." *Computerized Medical Imaging and Graphics* 102: 102139. doi:10.1016/j.compmedimag.2022.102139.
- Kumar Singh, Rajesh, Ruchi Mishra, Shivam Gupta, and Archana A. Mukherjee. 2023. "Blockchain Applications for Secured and Resilient Supply Chains: A Systematic Literature Review and Future Research Agenda." *Computers & Industrial Engineering* 175: 108854. doi:10.1016/j.cie.2022.108854.
- Lee, Yen-Liang, Hsiu-An Lee, Chien-Yeh Hsu, Hsin-Hua Kung, and Hung-Wen Chiu. 2022. "SEMRES - A Triple Security Protected Blockchain Based Medical Record Exchange Structure." *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 215: 106595. doi:10.1016/j.cmpb.2021.106595.
- Li, Megan Mun, and Tsung-Ting Kuo. 2021. "Previewable Contract-Based On-Chain X-Ray Image Sharing Framework for Clinical Research." *International Journal of Medical Informatics* 156: 104599. doi:10.1016/j.ijmedinf.2021.104599.
- Li, Zhi, Ming Li, Aofei Li, and Zhiyu Lin. 2024. "Blockchain-Based Collaborative Data Analysis Framework for Distributed Medical Knowledge Extraction." *Computers & Industrial Engineering* 190: 110099. doi:10.1016/j.cie.2024.110099.
- Liu, Xiangyu, Riya Shah, Ananya Shandilya, Manan Shah, and Aum Pandya. 2024. "A Systematic Study on Integrating Blockchain in Healthcare for Electronic Health Record Management and Tracking Medical Supplies." *Journal of Cleaner Production* 447: 141371. doi:10.1016/j.jclepro.2024.141371.

- Mohbey, Krishna Kumar, Savita Sharma, Sunil Kumar, and Meenu Sharma. 2022. "COVID-19 Identification and Analysis Using CT Scan Images: Deep Transfer Learning-Based Approach." In *Blockchain Applications for Healthcare Informatics*, Elsevier, 447–70. doi:10.1016/B978-0-323-90615-9.00011-6.
- Naser Alsuqaih, Hanan, Walaa Hamdan, Haythem Elmessiry, and Hussein Abulkasim. 2023. "An Efficient Privacy-Preserving Control Mechanism Based on Blockchain for E-Health Applications." *Alexandria Engineering Journal* 73: 159–72. doi:10.1016/j.aej.2023.04.037.
- Ng, Wei Yan, Tien-En Tan, Prasanth V H Movva, Andrew Hao Sen Fang, Khung-Keong Yeo, Dean Ho, Fuji Shyy San Foo, et al. 2021. "Blockchain Applications in Health Care for COVID-19 and beyond: A Systematic Review." *The Lancet Digital Health* 3(12): e819–29. doi:10.1016/S2589-7500(21)00210-7.
- Nguyen, Tri, Lauri Lovén, Juha Partala, and Susanna Pirttikangas. 2021. "The Intersection of Blockchain and 6G Technologies." In , 393–417. doi:10.1007/978-3-030-72777-2_18.
- Nguyen, Tri, Huong Nguyen, and Tuan Nguyen Gia. 2024. "Exploring the Integration of Edge Computing and Blockchain IoT: Principles, Architectures, Security, and Applications." *Journal of Network and Computer Applications* 226: 103884. doi:10.1016/j.jnca.2024.103884.
- Noman, Abdulla All, Mustafizur Rahaman, Tahmid Hasan Pranto, and Rashedur M. Rahman. 2023. "Blockchain for Medical Collaboration: A Federated Learning-Based Approach for Multi-Class Respiratory Disease Classification." *Healthcare Analytics* 3: 100135. doi:10.1016/j.health.2023.100135.
- Omar, Ilhaam A., Haya R. Hasan, Walaa AlKhader, Raja Jayaraman, Khaled Salah, and Mohammed Omar. 2024. "Blockchain-Based Trusted Accountability in the Maintenance of Medical Imaging Equipment." *Expert Systems with Applications* 241: 122718. doi:10.1016/j.eswa.2023.122718.
- Popoola, Olusogo, Marcos Rodrigues, Jims Marchang, Alex Shenfield, Augustine Ikpehai, and Jumoke Popoola. 2024. "A Critical Literature Review of Security and Privacy in Smart Home Healthcare Schemes Adopting IoT & Blockchain: Problems, Challenges and Solutions." *Blockchain: Research and Applications* 5(2): 100178. doi:10.1016/j.bcra.2023.100178.
- Qamar, Shamimul. 2023. "Federated Convolutional Model with Cyber Blockchain in Medical Image Encryption Using Multiple Rossler Lightweight Logistic Sine Mapping." *Computers and Electrical Engineering* 110: 108883. doi:10.1016/j.compeleceng.2023.108883.
- Rajasekaran, Arun Sekar, Maria Azees, and Fadi Al-Turjman. 2022. "A Comprehensive Survey on Blockchain Technology." *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 52: 102039. doi:10.1016/j.seta.2022.102039.
- Shah, Chiranjibi, Niamat Ullah Ibne Hossain, Md Muzahid Khan, and Shahriar Tanvir Alam. 2023. "A Dynamic Bayesian Network Model for Resilience Assessment in Blockchain-Based Internet of Medical Things with Time Variation." *Healthcare Analytics* 4: 100280. doi:10.1016/j.health.2023.100280.
- Shen, Gang, Zhiqiang Fu, Yumin Gui, Willy Susilo, and Mingwu Zhang. 2023. "Efficient and Privacy-Preserving Online Diagnosis Scheme Based on Federated Learning in e-Healthcare System." *Information Sciences* 647: 119261. doi:10.1016/j.ins.2023.119261.
- Siedlecka-Lamch, Olga. 2023. "Secure Medical Data Storage with Blockchain Technology." *Procedia Computer Science* 225: 961–68. doi:10.1016/j.procs.2023.10.083.
- Sun, Zhijie, Dezhi Han, Dun Li, Tien-Hsiung Weng, Kuan-Ching Li, and Xiaojun Mei. 2023. "MedRSS: A Blockchain-Based Scheme for Secure Storage and Sharing of Medical Records." *Computers & Industrial Engineering* 183: 109521. doi:10.1016/j.cie.2023.109521.

- Sunny, Justin, Naveen Undralla, and V. Madhusudanan Pillai. 2020. "Supply Chain Transparency through Blockchain-Based Traceability: An Overview with Demonstration." *Computers & Industrial Engineering* 150: 106895. doi:10.1016/j.cie.2020.106895.
- Sutradhar, Shrabani, Sudipta Majumder, Rajesh Bose, Haraprasad Mondal, and Debnath Bhattacharyya. 2024. "A Blockchain Privacy-Conserving Framework for Secure Medical Data Transmission in the Internet of Medical Things." *Decision Analytics Journal* 10: 100419. doi:10.1016/j.dajour.2024.100419.
- Tandon, Anushree, Puneet Kaur, Matti Mäntymäki, and Amandeep Dhir. 2021. "Blockchain Applications in Management: A Bibliometric Analysis and Literature Review." *Technological Forecasting and Social Change* 166: 120649. doi:10.1016/j.techfore.2021.120649.
- Ul Ghani, Muhammad Ahmad Nawaz, Kun She, Muhammad Arslan Rauf, Masoud Alajmi, Yazeed Yasin Ghadi, and Abdulmohsen Algarni. 2024. "Securing Synthetic Faces: A GAN-Blockchain Approach to Privacy-Enhanced Facial Recognition." *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 36(4): 102036. doi:10.1016/j.jksuci.2024.102036.
- Wagan, Shiraz Ali, Jahwan Koo, Isma Farah Siddiqui, Muhammad Attique, Dong Ryeol Shin, and Nawab Muhammad Faseeh Qureshi. 2022. "Internet of Medical Things and Trending Converged Technologies: A Comprehensive Review on Real-Time Applications." *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 34(10): 9228–51. doi:10.1016/j.jksuci.2022.09.005.
- Zhao, Jian, Wenqian Qiang, Zisong Zhao, Tianbo An, Zhejun Kuang, Dawei Xu, and Lijuan Shi. 2023. "Research on Medical Data Storage and Sharing Model Based on Blockchain." *High-Confidence Computing* 3(3): 100133. doi:10.1016/j.hcc.2023.100133.