

BLOCKCHAIN UNTUK APLIKASI IOT HEALTHCARE: STUDI LITERATUR

Taufiq Dwi Cahyono¹, Wiwien Hadikurniawati²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Industri, Universitas Stikubank
e-mail: ¹taufiq_dc@usm.ac.id, ²wiwien@edu.unisbank.ac.id

Abstrak

Teknologi blockchain telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir dan telah menyentuh hampir setiap aspek informasi dan bidang teknologi komunikasi. Potensi blockchain dapat diterapkan di berbagai industri dan bidang, termasuk logistik, rantai suplai pasokan, IoT, dan layanan kesehatan. Dalam industri kesehatan, blockchain memiliki dampak yang signifikan. Namun penilaian kritis terhadap aplikasi blockchain dalam pelayanan kesehatan masih belum tersedia secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan landasan teknis tentang berbagai aplikasi kesehatan berbasis blockchain, dengan fokus pada perkembangan terkini di bidang ini. Studi ini akan membahas teknologi blockchain kontemporer yang telah diterapkan dalam industri kesehatan, termasuk berbagi data medis, manajemen rantai suplai medis, rekam medis elektronik, klaim asuransi kesehatan, farmasi industri, dan pemantauan pasien jarak jauh. Penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang penggunaan blockchain dalam aplikasi pelayanan kesehatan berbasis IoT dan menyediakan analisis SWOT yang komprehensif untuk membantu pemangku kepentingan dalam memahami manfaat, tantangan, peluang, dan ancaman yang terkait dengan teknologi ini. Diharapkan bahwa hasil survei literatur ini akan memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dan penerapan blockchain dalam pelayanan kesehatan IoT yang aman, efisien, dan terpercaya.

KATA KUNCI: *blockchain, healthcare, IOT, SWOT*

1. PENDAHULUAN

Teknologi Blockchain telah merevolusi berbagai bidang, termasuk pelayanan kesehatan, rantai pasokan, dan industri, karena fitur-fiturnya yang canggih. Integrasi blockchain dan IoT telah menghasilkan banyak cara pengelolaan dan keamanan data, dengan berbagai mekanisme integrasi [1]. Keamanan data sangat penting dalam manajemen data, yang melibatkan akuisisi, pemrosesan, penyebaran, pengambilan, keamanan, dan penyimpanan data, terutama dalam pengaturan pelayanan kesehatan dan IoT di mana identitas pasien yang unik, standar pengkodean data, dan interoperabilitas perpesanan diperlukan [2]. Teknologi internet of things (IoT) telah membuka berbagai kemungkinan baru dalam sektor kesehatan digital, seperti pengumpulan data pasien secara real-time, monitoring jarak jauh, dan pelayanan mandiri. Namun, meningkatnya penggunaan perangkat IoT di dalam lingkungan kesehatan digital juga berarti meningkatnya risiko keamanan dan privasi. Dokumen kesehatan yang tidak terlindungi dapat mudah diakses oleh pihak yang tidak berwenang dan bahkan dapat digunakan untuk melakukan penipuan atau kejahatan lainnya [3]–[5]. Sejauh ini, hanya sedikit kajian yang telah mencoba melakukan kategorisasi penggunaan teknologi blockchain di industri kesehatan. Untuk mengatasi celah ini, tujuan dari artikel ini adalah memberikan dasar teknis mengenai berbagai aplikasi kesehatan berbasis blockchain, dengan penekanan khusus pada perkembangan dan kebijakan terbaru dalam bidang ini. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan penilaian komprehensif mengenai teknologi blockchain kontemporer yang telah diimplementasikan dalam kesehatan industri, serta untuk menilai kelebihan dan kekurangan dari teknologi-teknologi tersebut.

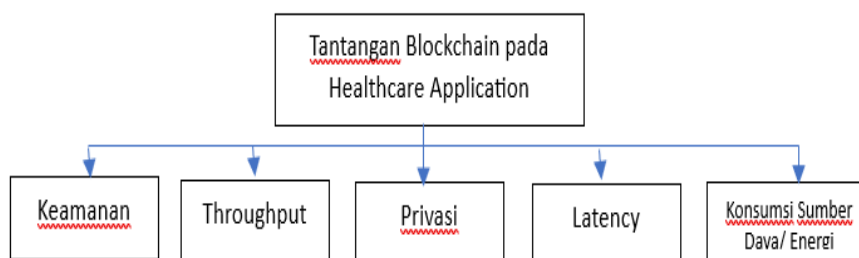
Selain itu penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana teknologi blockchain dapat diterapkan dalam konteks aplikasi IoT kesehatan. Penelitian ini mengumpulkan dan menganalisis berbagai penelitian yang telah dilakukan di bidang blockchain dalam aplikasi healthcare. Dengan melakukan survey literature yang komprehensif peneliti memberikan gambaran tentang perkembangan terkini dalam bidang ini, menganalisis kontribusi serta mengidentifikasi area penelitian yang masih kurang eksplorasi. Penelitian ini juga mengidentifikasi dan menjelaskan tantangan yang dihadapi dalam mengimplementasikan teknologi blockchain dalam lingkungan kesehatan yang melibatkan perangkat IoT. Secara garis besar penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang

potensi dan keterbatasan penggunaan blockchain dalam konteks aplikasi IoT dalam bidang healthcare serta memberikan kontribusi terhadap perkembangan penelitian dan inovasi di bidang ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penerapan teknologi blockchain dalam layanan kesehatan berpotensi merevolusi industri, ada beberapa tantangan yang harus diatasi sebelum dapat diadopsi secara luas. Salah satu tantangan utama adalah kurangnya standardisasi dan interoperabilitas dalam industri kesehatan [6]. Penyedia layanan kesehatan yang berbeda efektif. Tantangan lainnya adalah kebutuhan akan infrastruktur yang aman dan andal untuk mendukung blockchain. Teknologi Blockchain hanya sekuat infrastruktur yang mendukungnya, dan kelemahan dalam sistem dapat membahayakan keamanan data. Selain itu, ada kekhawatiran tentang privasi dan kerahasiaan dalam industri layanan Kesehatan [7], [8]. Data pasien bersifat sensitif dan harus dilindungi, yang menimbulkan pertanyaan tentang siapa yang memiliki akses ke data tersebut dan bagaimana data tersebut disimpan dan diamankan. Terakhir, ada kebutuhan akan pengawasan peraturan dan kerangka hukum untuk memastikan bahwa teknologi blockchain digunakan secara etis dan bertanggung jawab dalam industri pelayanan kesehatan. Tantangan ini harus diatasi sebelum teknologi blockchain dapat sepenuhnya diintegrasikan ke dalam sistem pelayanan kesehatan, namun dengan solusi yang tepat, manfaat dari teknologi ini bisa sangat besar [9], [10].

Penggunaan teknologi Blockchain dalam layanan kesehatan memiliki potensi luar biasa untuk meningkatkan keamanan data, interoperabilitas, dan transparansi. Namun, ada juga tantangan signifikan yang perlu diatasi untuk mewujudkan manfaat ini sepenuhnya. Tantangan-tantangan ini dijelaskan dengan teknologi Blockchain saat digunakan dalam pelayanan kesehatan. Secara kontekstual, gambar 1 mengilustrasikan tantangan penerapan teknologi Blockchain dalam domain Kesehatan.



Gambar 1. Tantangan Blockchain pada Aplikasi Kesehatan

1. Keamanan

Keamanan sistem layanan kesehatan yang menggunakan teknologi blockchain menjadi perhatian, karena penyusup yang mengontrol lebih dari 50% kekuatan pemrosesan jaringan dapat membahayakan keamanan sistem. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan bagi organisasi layanan kesehatan, menjadikannya masalah kritis yang memerlukan perhatian. Oleh karena itu, langkah-langkah harus diambil untuk mencegah serangan tersebut dan memastikan keamanan sistem layanan kesehatan yang menggunakan teknologi blockchain [8], [11].

2. Throughput

Throughput mengacu pada tingkat di mana transaksi dapat diproses dalam jaringan blockchain. Dalam konteks sistem layanan kesehatan, jika jumlah transaksi dan node dalam jaringan meningkat, maka jumlah pemeriksaan yang harus dilakukan juga akan meningkat, yang berpotensi menyebabkan kemacetan. Ini dapat berdampak negatif pada diagnosis dan pelayanan kesehatan, kebutuhan akan akses yang cepat dan throughput yang efisien dalam sistem blockchain pelayanan kesehatan [12], [13].

3. Privasi

Privasi adalah aspek penting di era digital, di mana informasi pribadi kontinu dikumpulkan dan digunakan oleh berbagai entitas. Salah satu teknologi yang digunakan karena fitur privasinya adalah blockchain. Konsensusnya adalah bahwa arsitektur blockchain dapat melindungi anonimitas nodenya. Namun, asumsi ini tidak sepenuhnya benar. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknik yang dapat menyediakan fitur privasi yang kuat untuk sistem berbasis blockchain. Sistem berbasis blockchain harus mematuhi peraturan dan regulasi umum untuk memastikan perlindungan data dan privasi pengguna. Dengan demikian, peneliti dan praktisi di bidang blockchain harus terus

selalu meningkatkan fitur privasi untuk memenuhi persyaratan peraturan dan regulasi umum dan peraturan privasi lainnya. Hal ini penting mengingat semakin banyaknya kasus pelanggaran privasi data yang terjadi, termasuk di lingkungan blockchain [14], [15].

4. Latency

Latency merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem keamanan. Proses verifikasi sebuah blok pada sistem blockchain dapat memakan waktu beberapa menit, yang dapat menjadi masalah dalam konteks keamanan sistem, karena serangan dapat berhasil dilakukan dalam rentang waktu tersebut.

Dalam konteks sistem informasi kesehatan, latency juga merupakan hal yang perlu diperhatikan. Sistem informasi kesehatan selalu berubah, sehingga pengguna harus memiliki akses yang konstan ke dalamnya. Bahkan satu detik keterlambatan saja dapat memiliki dampak negatif pada penafsiran hasil tes. Oleh karena itu, sistem informasi kesehatan harus dirancang dan dikembangkan dengan memperhatikan latensi, sehingga pengguna dapat mengakses data yang diperlukan dengan cepat dan mudah. Sistem informasi kesehatan yang handal, kecepatan dan ketepatan sangat penting untuk mendukung diagnosis dan pelayanan yang tepat. Oleh karena itu, keamanan dan latensi harus menjadi prioritas utama dalam pengembangan sistem informasi kesehatan yang berkualitas. Dengan memperhatikan faktor-faktor ini, sistem informasi kesehatan dapat memberikan manfaat yang optimal bagi pasien dan penyedia layanan kesehatan [16], [17].

5. Konsumsi Sumber Daya Energi

Penggunaan teknologi blockchain memiliki resiko penggunaan sumber daya energi yang besar selama proses verifikasi blok. Hal ini dapat mengakibatkan kehilangan sumber daya yang signifikan. Selain itu, penggunaan blockchain juga dapat menimbulkan biaya pemrosesan dan energi yang besar.

Dalam konteks sistem informasi kesehatan, penggunaan blockchain juga dapat menimbulkan tantangan baru dalam pengelolaan sumber daya energi. Beberapa perangkat diperlukan untuk memantau pasien dalam pengaturan kesehatan sehingga biaya energi yang terkait dengan hal ini dapat menjadi besar.

Manajemen biaya ini merupakan tantangan bagi berbagai organisasi kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meminimalkan penggunaan sumber daya energi yang diperlukan dalam penerapan teknologi blockchain dalam sistem informasi kesehatan [18].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi Blockchain memiliki potensi untuk merevolusi industri pelayanan kesehatan dengan meningkatkan efisiensi, keamanan, dan privasi manajemen data layanan kesehatan. Berikut ini adalah beberapa aplikasi utama blockchain dalam layanan Kesehatan dapat dilihat pada gambar 2:

1. Electronic Medical Record (EMR)

Teknologi Blockchain dapat digunakan untuk membuat database catatan kesehatan pasien yang terdesentralisasi dan aman, dapat diakses oleh penyedia layanan kesehatan. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi pemberian layanan kesehatan dan mengurangi kesalahan dan duplikasi tes atau prosedur. Pasien juga dapat mengontrol data kesehatan mereka [3].

2. Clinical Data Sharing (CDS)

Clinical Data Sharing (CDS) pada blockchain health application mengacu pada proses berbagi data medis antara berbagai pihak di bidang kesehatan dengan menggunakan teknologi blockchain sebagai alat untuk menjaga keamanan, privasi, dan akurasi data. CDS pada aplikasi kesehatan blockchain memiliki beberapa keuntungan, seperti meningkatkan efisiensi pengelolaan data kesehatan, meningkatkan akurasi kesehatan data, dan meningkatkan keamanan dan privasi data kesehatan. Dalam sistem CDS pada aplikasi kesehatan blockchain, data kesehatan pasien disimpan dalam blockchain, di mana hanya pengguna dengan kredensial yang tepat yang dapat mengakses dan mengubah data tersebut [19]

3. Clinical Trials (CT)

Teknologi Blockchain dapat membantu merampingkan proses uji klinis dengan mengelola data secara aman dan transparan terkait pengembangan obat, pengujian, dan kepatuhan terhadap

peraturan. Ini dapat meningkatkan kecepatan dan keakuratan uji klinis dan mengurangi biaya yang terkait dengannya [2].

4. Supply Chain Management (SCM)

SCM dapat digunakan untuk melacak seluruh rantai pasokan obat-obatan, mulai dari pembuatan hingga distribusi, memastikan keaslian dan keamanan obat-obatan dan mengurangi risiko produk palsu atau di bawah standar [20].

5. Medical Device Data (MDD)

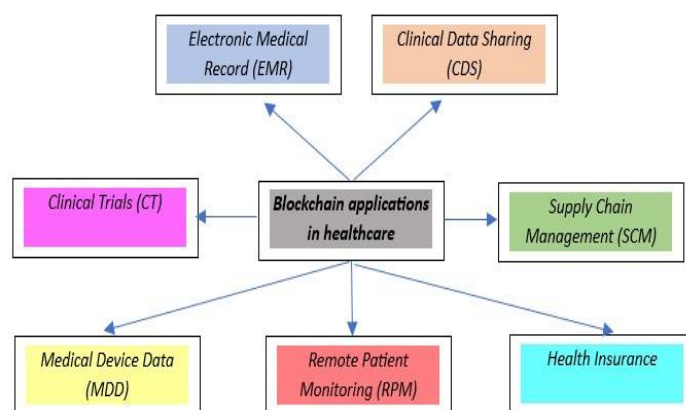
Teknologi Blockchain dapat membantu mengelola dan mengamankan data yang dihasilkan oleh perangkat medis, termasuk perangkat yang dapat pemantauan, meningkatkan hasil pasien dan mengurangi kesalahan [14].

6. Remote Patient Monitoring (RPM)

Remote Patient Monitoring (RPM) pada blockchain di aplikasi kesehatan adalah sebuah sistem pengawasan kesehatan jarak jauh yang memungkinkan pasien dan penyedia layanan kesehatan untuk memantau kondisi pasien melalui teknologi yang terhubung ke internet, seperti perangkat wearable, sensor, atau aplikasi mobile [20].

7. Health Insurance (HI)

Blockchain dapat digunakan untuk menyimpan dan mengelola informasi asuransi kesehatan dengan aman, meningkatkan efisiensi dan akurasi pemrosesan klaim dan mengurangi penipuan [21].



Gambar 2. Aplikasi Blockchain pada Healthcare

Penelitian ini memberikan penilaian kritis komprehensif terhadap penelitian terbaru tentang aplikasi pelayanan kesehatan berbasis blockchain. Survei literatur dilakukan terhadap berbagai aplikasi pelayanan kesehatan yang menggunakan teknologi blockchain. Teknologi blockchain kontemporer yang telah diterapkan di industri pelayanan kesehatan juga dipelajari lebih lanjut. Peneliti memberikan hasil analisa tentang kekuatan dan tantangan dari aplikasi-aplikasi tersebut. Selain itu, juga membahas aspek teknis penerapan teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan dan menyoroti potensi teknologi tersebut untuk meningkatkan transparansi, keamanan, dan efisiensi sistem pelayanan kesehatan.

Blockchain, sebagai teknologi terdesentralisasi dan aman, telah menunjukkan potensi besar untuk mengubah cara data medis dan informasi kesehatan diproses, disimpan, dan dibagikan. Penelitian-penelitian terkait dengan aplikasi blockchain pada healthcare dapat dirangkum pada tabel 1.

Tabel 1. Penelitian-penelitian terkait dalam aplikasi blockchain pada *healthcare*

No	Penulis	EMR	CDS	CT	SCM	MDD	RPM	HI
1.	A.N Gohar dkk (2022) [22]	V	V	-	-	V	-	-
2.	B. Ikharo dkk (2021) [23]	V	-	-	-	V	-	-
3.	E.M Abou-Nassar dkk (2020) [5]	V	-	-	-	V	-	-
4.	K. Azbeg dkk (2022) [24]	V	-	-	-	V	V	-
5	A. Siddiqui dkk (2021) [14]	V	V	-	-	V	V	-

6.	S. Namasudra dkk (2022) [3]	V	-	-	-	-	-	V
7.	A.I Taloba dkk (2022) [7]	V	-	-	-	-	V	-
8.	O. Cheickhrouhou dkk (2023) [25]	-	-	-	-	-	V	-
9.	K.N Griggs dkk (2018) [26]	-	-	-	-	-	V	-
10.	A. Rehman dkk (2022) [27]	V	V	V	-	V	V	-
11.	N.R Pradhan dkk (2021) [20]	-	-	-	V	-	V	-
12.	A. Sinha dkk (2022) [28]	-	V	-	-	-	-	-
13.	P. Sharma dkk (2023) [12]	-	-	-	-	-	-	V
14.	A.A Maftai dkk (2021) [29]	V	V	-	-	V	-	-
15.	R. Gupta dkk (2021) [30]	V	V	-	-	-	V	-
16.	A.A Amponsah dkk (2022) [31]	-	-	-	-	-	-	V
17.	R. Kaafarani dkk (2023) [32]	-	-	-	-	-	-	V
18.	Karmakar dkk (2023) [33]	-	-	-	-	-	-	V
19.	G. Zhang dkk (2022) [34]	-	-	-	-	-	-	V
20.	E. Chondrogiannis dkk (2022) [35]	-	-	-	-	-	-	V
21.	R.M. Jaya dkk (2023) [36]	V	-	-	-	-	-	-
22.	S. Uppal dkk(2023) [37]	-	-	-	-	-	V	-
23.	K. Ramar dkk (2022) [38]	V	V	-	-	-	-	-
24.	A. Haddad dkk (2021) [17]	V	V	-	-	-	-	-

Keterangan :

EMR : *Electronic Medical Record*

CDS : *Clinical Data Sharing*

CT : *Clinical Trials*

SCM : *Supply Chain Management*

MDD : *Medical Device Data*

RPM : *Remote Patient Monitoring*

HI : *Health Insurance*

Analisis SWOT bertujuan untuk mengidentifikasi strengths (kekuatan), weaknesses (kelemahan), opportunities (peluang) dan threats (ancaman) yang terkait dengan penggunaan blockchain dalam konteks kesehatan dan kedokteran. Hasil analisis ini memberikan pemahaman mendalam tentang implikasi blockchain dan memperkuat argumentasi mengenai manfaat serta tantangan yang mungkin terjadi dalam mengadopsi teknologi ini.

Strengths:

Teknologi Blockchain dapat memberikan solusi yang aman dan layak untuk menyimpan dan mengakses rekam medis pasien, yang dapat meningkatkan hasil pasien dan mengurangi biaya administrasi. Teknologi Blockchain dapat mengaktifkan akses yang dipersonalisasi dan otentik ke data klinis, yang dapat digunakan untuk peningkatan kesehatan lebih lanjut dan penelitian klinis. Teknologi Blockchain dapat meningkatkan transparansi dan efisiensi sistem manajemen rantai pasokan medis, yang dapat mengurangi risiko obat dan alat kesehatan palsu.

Weaknesses:

Aspek teknis dari teknologi blockchain mungkin rumit dan sulit dipahami oleh profesional kesehatan yang tidak terbiasa dengan teknologi tersebut. Adopsi teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan mungkin menghadapi tantangan peraturan dan hukum yang dapat membatasi penggunaannya secara luas. Implementasi teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan mungkin memerlukan investasi yang signifikan dalam infrastruktur dan pelatihan.

Opportunities:

Penggunaan teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan dapat meningkatkan privasi dan keamanan data, yang menjadi perhatian utama dalam industri pelayanan kesehatan. Penggunaan teknologi blockchain dalam layanan kesehatan dapat memungkinkan pengembangan model bisnis baru dan aliran pendapatan untuk organisasi layanan kesehatan. Penggunaan teknologi blockchain dalam

pelayanan kesehatan dapat memungkinkan pengembangan aplikasi dan layanan baru yang dapat meningkatkan hasil pasien dan mengurangi biaya pelayanan kesehatan.

Threats:

Adopsi teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan mungkin menghadapi penolakan dari pemangku kepentingan yang skeptis terhadap teknologi tersebut atau yang memiliki kepentingan dalam sistem pelayanan kesehatan saat ini. Penggunaan teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan mungkin dibatasi oleh skalabilitas dan interoperabilitas teknologi. Penggunaan teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan mungkin rentan terhadap serangan dunia maya dan ancaman keamanan lainnya.

Secara keseluruhan, analisis SWOT dari penggunaan teknologi blockchain dalam pelayanan kesehatan dan obat-obatan menunjukkan bahwa hal itu memiliki potensi yang signifikan untuk meningkatkan hasil pasien dan mengurangi biaya pelayanan kesehatan, tetapi mungkin menghadapi tantangan terkait kompleksitas teknis, masalah peraturan dan hukum, serta ancaman keamanan siber.

5. KESIMPULAN

Blockchain menawarkan potensi yang besar dalam meningkatkan keamanan, privasi, integritas data, dan interoperabilitas dalam aplikasi kesehatan IoT. Teknologi ini dapat memberikan solusi untuk beberapa tantangan yang dihadapi oleh sistem kesehatan saat ini, seperti penyimpanan data pasien yang aman, pertukaran data antara perangkat IoT yang berbeda, dan auditabilitas transaksi.

Penggunaan blockchain yang potensial dalam aplikasi kesehatan IoT termasuk pengelolaan data pasien, pelacakan obat, validasi otomatis perangkat medis, dan berbagi data medis lintas batas. Teknologi ini dapat meningkatkan kepercayaan antara pihak yang terlibat, mengurangi birokrasi, dan memfasilitasi kolaborasi dalam layanan kesehatan.

Meskipun blockchain menawarkan sejumlah manfaat, ada juga beberapa tantangan yang perlu diatasi. Beberapa di antaranya adalah skalabilitas, efisiensi, biaya transaksi, masalah privasi, dan kepatuhan regulasi. Perlu ada penelitian dan pengembangan lebih lanjut untuk mengatasi kendala ini dan membuat teknologi blockchain lebih layak dan dapat diterapkan dalam aplikasi kesehatan IoT secara luas.

Pentingnya pendekatan yang holistik dan kolaboratif dalam mengadopsi blockchain dalam aplikasi kesehatan IoT. Kolaborasi antara penyedia layanan kesehatan, pengembang teknologi, otoritas regulasi, dan pemangku kepentingan lainnya akan menjadi kunci kesuksesan dalam menerapkan teknologi ini secara efektif dan memanfaatkan sepenuhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kumar, R. Krishnamurthi, A. Nayyar, K. Sharma, V. Grover, and E. Hossain, "A Novel Smart Healthcare Design, Simulation, and Implementation Using Healthcare 4.0 Processes," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 118433–118471, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3004790.
- [2] M. S. Rahman, M. A. Islam, M. A. Uddin, and G. Stea, "A survey of blockchain-based IoT eHealthcare: Applications, research issues, and challenges," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 19. Elsevier B.V., Aug. 01, 2022. doi: 10.1016/j.iot.2022.100551.
- [3] S. Namasudra, P. Sharma, R. G. Crespo, and V. Shanmuganathan, "Blockchain-Based Medical Certificate Generation and Verification for IoT-Based Healthcare Systems," *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 12, no. 2, pp. 83–93, Mar. 2023, doi: 10.1109/MCE.2021.3140048.
- [4] M. M. Islam and Z. A. Bhuiyan, "An Integrated Scalable Framework for Cloud and IoT based Green Healthcare System," *IEEE Access*, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3250849.
- [5] E. M. Abou-Nassar, A. M. Iliyasu, P. M. El-Kafrawy, O. Y. Song, A. K. Bashir, and A. A. A. El-Latif, "DITrust Chain: Towards Blockchain-Based Trust Models for Sustainable Healthcare IoT Systems," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 111223–111238, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2999468.
- [6] E. M. Adere, "Blockchain in healthcare and IoT: A systematic literature review," *Array*, vol. 14. Elsevier B.V., Jul. 01, 2022. doi: 10.1016/j.array.2022.100139.
- [7] A. I. Taloba *et al.*, "A blockchain-based hybrid platform for multimedia data processing in IoT-Healthcare," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 65, pp. 263–274, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.aej.2022.09.031.

- [8] P. Kumar, R. Kumar, G. P. Gupta, R. Tripathi, A. Jolfaei, and A. K. M. Najmul Islam, "A blockchain-orchestrated deep learning approach for secure data transmission in IoT-enabled healthcare system," *J Parallel Distrib Comput*, vol. 172, pp. 69–83, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.jpdc.2022.10.002.
- [9] S. Singh, S. Rathore, O. Alfarraj, A. Tolba, and B. Yoon, "A framework for privacy-preservation of IoT healthcare data using Federated Learning and blockchain technology," *Future Generation Computer Systems*, vol. 129, pp. 380–388, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.future.2021.11.028.
- [10] S. BARBARIA, H. MAHJOUBI, and H. B. RAHMOUNI, "A novel blockchain-based architectural modal for healthcare data integrity: Covid19 screening laboratory use-case," *Procedia Comput Sci*, vol. 219, pp. 1436–1443, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.01.433.
- [11] P. P. Ray, Di. Dash, K. Salah, and N. Kumar, "Blockchain for IoT-Based Healthcare: Background, Consensus, Platforms, and Use Cases," *IEEE Syst J*, vol. 15, no. 1, pp. 85–94, Mar. 2021, doi: 10.1109/JSYST.2020.2963840.
- [12] P. Sharma, S. Namasudra, R. Gonzalez Crespo, J. Parra-Fuente, and M. Chandra Trivedi, "EHDHE: Enhancing security of healthcare documents in IoT-enabled digital healthcare ecosystems using blockchain," *Inf Sci (N Y)*, vol. 629, pp. 703–718, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.ins.2023.01.148.
- [13] K. M. Hossein, T. Dargahi, M. E. Esmaili, and A. Khonsari, "Blockchain-Based Privacy-Preserving Healthcare Architecture."
- [14] A. Siddiqui, J. Qaddour, and S. Ullah, "Securing Healthcare IoT (HIoT) Monitoring System Using Blockchain," in *International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN*, IEEE Computer Society, Aug. 2021, pp. 60–66. doi: 10.1109/ICUFN49451.2021.9528625.
- [15] D. Khan, T. J. Low, and V. T. B. Dang, "Challenges and Application of Blockchain in Healthcare Systems," in *2022 International Conference on Digital Transformation and Intelligence, ICDI 2022 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022, pp. 15–20. doi: 10.1109/ICDI57181.2022.10007295.
- [16] G. S. Gunanidhi and R. Krishnaveni, "Improved Security Blockchain for IoT based Healthcare monitoring system," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy, ICAIS 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022, pp. 1244–1247. doi: 10.1109/ICAIS53314.2022.9742777.
- [17] A. Haddad, M. H. Habaebi, M. R. Islam, and S. A. Zabidi, "Blockchain for Healthcare Medical Records Management System with Sharing Control," in *2021 IEEE 7th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications, ICSIMA 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2021, pp. 30–34. doi: 10.1109/ICSIMA50015.2021.9526301.
- [18] N. Chauhan and R. K. Dwivedi, "Designing A Secure Smart Healthcare System with Blockchain: A Review," in *Proceedings of 2022 1st International Conference on Informatics, ICI 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022, pp. 214–219. doi: 10.1109/ICI53355.2022.9786895.
- [19] J. Zhang, Y. Yang, X. Liu, and J. Ma, "An Efficient Blockchain-Based Hierarchical Data Sharing for Healthcare Internet of Things," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 18, no. 10, pp. 7139–7150, Oct. 2022, doi: 10.1109/TII.2022.3145851.
- [20] N. R. Pradhan, S. S. Rout, and A. P. Singh, "Blockchain Based Smart Healthcare System for Chronic -Illness Patient Monitoring," in *3rd International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Clean Energy Technologies, ICEPE 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2021. doi: 10.1109/ICEPE50861.2021.9404496.
- [21] Z. Zhao, X. Li, B. Luan, W. Jiang, W. Gao, and S. Neelakandan, "Secure Internet of Things (IoT) using a novel Brooks Iyengar quantum Byzantine Agreement-centered blockchain Networking (BIQBA-BCN) model in smart healthcare," *Inf Sci (N Y)*, vol. 629, pp. 440–455, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.ins.2023.01.020.
- [22] A. N. Gohar, S. A. Abdelmawgoud, and M. S. Farhan, "A Patient-Centric Healthcare Framework Reference Architecture for Better Semantic Interoperability Based on Blockchain, Cloud, and IoT," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 92137–92157, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3202902.
- [23] B. Ikharo, A. Obiagwu, C. Obasi, S. U. Hussein, and P. Akah, "Security for Internet-of-Things Enabled E-Health using Blockchain and Artificial Intelligence: A Novel Integration Framework," in *2021 1st International Conference on Multidisciplinary Engineering and Applied Science*,

- ICMEAS 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi: 10.1109/ICMEAS52683.2021.9692368.
- [24] K. Azbeg, O. Ouchetto, and S. Jai Andaloussi, “BlockMedCare: A healthcare system based on IoT, Blockchain and IPFS for data management security,” *Egyptian Informatics Journal*, vol. 23, no. 2, pp. 329–343, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.eij.2022.02.004.
- [25] O. Cheikhrouhou, K. Mershad, F. Jamil, R. Mahmud, A. Koubaa, and S. R. Moosavi, “A Lightweight Blockchain and Fog-enabled Secure Remote Patient Monitoring System,” Jan. 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100691.
- [26] K. N. Griggs, O. Ossipova, C. P. Kohlios, A. N. Baccarini, E. A. Howson, and T. Hayajneh, “Healthcare Blockchain System Using Smart Contracts for Secure Automated Remote Patient Monitoring,” *J Med Syst*, vol. 42, no. 7, Jul. 2018, doi: 10.1007/s10916-018-0982-x.
- [27] A. Rehman, S. Abbas, M. A. Khan, T. M. Ghazal, M. Adnan, and A. Mosavi, “A Secure Healthcare 5.0 System Based on Blockchain Technology Entangled with Federated Learning Technique.”
- [28] A. Sinha, A. Patel, and M. Jagdish, “Application of Blockchain in Healthcare,” in *2022 1st International Conference on Artificial Intelligence Trends and Pattern Recognition, ICAITPR 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/ICAITPR51569.2022.9844186.
- [29] A. A. Maftai, P. M. Mutescu, V. Popa, A. I. Petrariu, and A. Lavric, “Internet of Things Healthcare Application: A Blockchain and LoRa Approach,” in *2021 9th E-Health and Bioengineering Conference, EHB 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi: 10.1109/EHB52898.2021.9657733.
- [30] R. Gupta, P. Bhattacharya, S. Tanwar, N. Kumar, and S. Zeadally, “GaRuDa: A Blockchain-Based Delivery Scheme Using Drones for Healthcare 5.0 Applications,” *IEEE Internet of Things Magazine*, vol. 4, no. 4, pp. 60–66, Feb. 2022, doi: 10.1109/iotm.001.2100045.
- [31] A. A. Amponsah, A. F. Adekoya, and B. A. Weyori, “Improving the Financial Security of National Health Insurance using Cloud-Based Blockchain Technology Application,” *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 2, no. 1, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.jjime.2022.100081.
- [32] R. Kaafarani, L. Ismail, and O. Zahwe, “An Adaptive Decision-Making Approach for Better Selection of Blockchain Platform for Health Insurance Frauds Detection with Smart Contracts: Development and Performance Evaluation,” *Procedia Comput Sci*, vol. 220, pp. 470–477, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.03.060.
- [33] A. Karmakar, P. Ghosh, P. S. Banerjee, and D. De, “ChainSure: Agent free insurance system using blockchain for healthcare 4.0,” *Intelligent Systems with Applications*, vol. 17, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.iswa.2023.200177.
- [34] G. Zhang, X. Zhang, M. Bilal, W. Dou, X. Xu, and J. J. P. C. Rodrigues, “Identifying fraud in medical insurance based on blockchain and deep learning,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 130, pp. 140–154, May 2022, doi: 10.1016/j.future.2021.12.006.
- [35] E. Chondrogiannis, V. Andronikou, E. Karanastasis, A. Litke, and T. Varvarigou, “Using blockchain and semantic web technologies for the implementation of smart contracts between individuals and health insurance organizations,” *Blockchain: Research and Applications*, vol. 3, no. 2, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.bcra.2021.100049.
- [36] R. M. Jaya, V. D. Rakkhitta, P. Sembiring, I. S. Edbert, and D. Suhartono, “Blockchain applications in drug data records,” *Procedia Comput Sci*, vol. 216, pp. 739–748, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2022.12.191.
- [37] S. Uppal, B. Kansekar, S. Mini, and D. Tosh, “HealthDote: A blockchain-based model for continuous health monitoring using interplanetary file system,” *Healthcare Analytics*, vol. 3, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.health.2023.100175.
- [38] K. Ramar, P. V. Gopirajan, H. Shanmugasundaram, B. P. Andraju, and S. Baskar, “Digital Healthcare using Blockchain,” in *2022 1st International Conference on Computational Science and Technology, ICCST 2022 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022, pp. 651–655. doi: 10.1109/ICCST55948.2022.10040411.