

MENUJU KESEHATAN DAN KESEJAHTERAAN BERKELANJUTAN INDONESIA MELALUI TRANSFORMASI DIGITAL 5.0: WAWASAN DARI KAJIAN LITERATUR SISTEMATIK

Towards Sustainable Health and Well-Being in Indonesia through Digital Transformation 5.0: Insights from A Systematic Literature Review

Muhammad Alfarizi^{1*}; Lissa Rosdiana Noer²

¹Departemen Manajemen Bisnis, Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital, Institut Teknologi Sepuluh November, Indonesia

²Departemen Manajemen Bisnis, Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital, Institut Teknologi Sepuluh November, Indonesia

ABSTRACT

Background: The global challenges of the 21st century, particularly those related to sustainability, are becoming increasingly urgent due to rising resource consumption and social inequality. One of the key Sustainable Development Goals (SDGs) is "Good Health and Well-Being," which became a priority during the COVID-19 pandemic. Digital transformation through disruptive Information and Communication Technology (ICT) plays a crucial role in improving equitable healthcare services for all societal levels. However, scientific challenges related to integrating advanced technology to support a sustainable national healthcare system remain underexplored.

Objective: This study aims to explore digital transformation 5.0 in supporting the SDG goal of Sustainable Health and Well-Being and to analyze the integration of digital technology into a more inclusive and efficient healthcare system.

Methods: This study employs a qualitative approach using a systematic review method to analyze the integration of digital transformation 5.0 into a sustainable healthcare system.

Results: This study highlights significant transformations driven by Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), blockchain, Big Data, medical robotics, and the metaverse. AI enhances efficiency in diagnosis and treatment, IoT enables real-time health monitoring, while blockchain ensures medical data security. Big Data supports epidemiological analysis, robotics accelerates medical procedures, and the metaverse offers interactive training for healthcare professionals. The integration of ICT 5.0 into Indonesia's healthcare system presents opportunities for more efficient and inclusive e-Health development, improving access and service quality, supporting universal health coverage (UHC), and aiding SDG achievement.

Conclusions: Despite challenges such as the digital divide and infrastructure limitations, cross-sector collaboration is necessary to optimize ICT integration into the national healthcare system. The digitalization of healthcare services has the potential not only to reduce social disparities and ecological impact but also to enhance operational efficiency. Thus, digital transformation 5.0 can help Indonesia build a sustainable healthcare system and positively impact societal well-being.

Keywords: Advanced Technology; Digital Transformation 5.0; Healthcare System; Indonesia; Sustainable Development Goals

ABSTRAK

Latar belakang: Tantangan global abad ke-21, terutama terkait keberlanjutan, semakin mendesak dengan meningkatnya konsumsi sumber daya alam dan ketimpangan sosial. Salah satu Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) yang penting adalah "Kesehatan dan Kesejahteraan yang Baik," yang menjadi prioritas selama pandemi COVID-19. Transformasi digital melalui Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) disruptif berperan penting dalam meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan yang adil bagi seluruh lapisan masyarakat. Namun, tantangan ilmiah dalam integrasi teknologi maju untuk mendukung sistem kesehatan nasional yang berkelanjutan belum banyak dikaji.

Tujuan: Studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi transformasi digital 5.0 dalam mendukung tujuan SDGs Kesehatan dan Kesejahteraan Berkelanjutan serta menganalisis integrasi teknologi digital dalam sistem kesehatan yang lebih inklusif dan efisien.

Metode: Studi ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode tinjauan sistematis untuk menganalisis integrasi transformasi digital 5.0 dalam sistem kesehatan berkelanjutan.

Hasil: Studi ini menyoroti transformasi signifikan yang dihadirkan oleh Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), blockchain, Big Data, robotika medis, dan metaverse. AI meningkatkan efisiensi dalam diagnosis dan perawatan, IoT memungkinkan pemantauan kesehatan secara real-time, sementara blockchain menjamin keamanan data medis. Big Data mendukung analisis epidemiologi, robotika mempercepat prosedur medis, dan metaverse menawarkan pelatihan interaktif bagi tenaga kesehatan. Integrasi ICT 5.0 dalam sistem kesehatan di Indonesia membuka peluang untuk pengembangan e-Health yang lebih efisien dan inklusif, meningkatkan akses serta kualitas layanan, mendukung universal health coverage (UHC), dan membantu pencapaian SDGs.

Kesimpulan: Meskipun terdapat tantangan seperti kesenjangan digital dan keterbatasan infrastruktur, kolaborasi lintas sektor diperlukan untuk mengoptimalkan integrasi ICT dalam sistem kesehatan nasional. Digitalisasi layanan kesehatan tidak hanya berpotensi mengurangi kesenjangan sosial dan dampak ekologis, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional. Dengan demikian, transformasi digital 5.0 dapat membantu Indonesia menciptakan sistem kesehatan yang berkelanjutan serta memberikan dampak positif bagi kesejahteraan masyarakat.

Kata Kunci: Indonesia; Sistem Kesehatan; Transformasi Digital 5.0; Teknologi Maju; Tujuan Pembangunan Berkelanjutan

PENDAHULUAN

Tantangan global abad ke-21 mencakup berbagai isu kompleks yang memerlukan perhatian lintas sektor, salah satunya adalah keberlanjutan. Dengan meningkatnya populasi dunia, konsumsi sumber daya alam melonjak tajam, yang menyebabkan degradasi lingkungan, perubahan iklim, dan hilangnya keanekaragaman hayati. Upaya keberlanjutan menghadapi hambatan besar, termasuk ketergantungan pada bahan bakar fosil, ketidaksetaraan akses terhadap sumber daya, dan sistem ekonomi yang tidak selaras dengan prinsip keberlanjutan jangka panjang¹. Tantangan sosial seperti ketimpangan ekonomi dan krisis kesehatan global memperburuk masalah ini².

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yang diinisiasi oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada tahun 2015 bertujuan untuk mengatasi tantangan global seperti kemiskinan, ketidaksetaraan, dan perubahan iklim, dengan sasaran untuk mencapai kesejahteraan global pada 2030³. Salah satu tujuan utama adalah SDG ketiga, "Kesehatan dan Kesejahteraan yang Baik", yang menjadi sangat penting selama pandemi COVID-19 dan epidemiologi katastrofik lainnya⁴. Pandemi ini menunjukkan pentingnya memperkuat sistem kesehatan global, memastikan akses universal terhadap layanan kesehatan, dan meningkatkan ketahanan terhadap krisis kesehatan di masa depan⁵. SDG 3 menargetkan peningkatan kesehatan ibu dan anak, pencegahan penyakit menular, serta penurunan angka kematian prematur akibat penyakit tidak menular⁶. Pandemi juga mempertegas perlunya kolaborasi internasional dalam penanganan krisis kesehatan⁷. Secara keseluruhan, pencapaian SDGs membutuhkan langkah terpadu, investasi di sektor kesehatan, dan komitmen berkelanjutan dari berbagai negara untuk menciptakan dunia yang lebih sehat, adil, dan berkelanjutan.

Transformasi digital semakin berkembang di berbagai sektor terkait Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG). Meskipun telah ada penelitian dan penerapan praktis yang signifikan, target SDG di bidang kesehatan masih terkesan terpecah-pecah dan berada pada tahap awal implementasi. Dengan dukungan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) modern, sektor kesehatan kini mengalami transformasi digital yang bersifat disruptif secara besar-besaran⁸. Perubahan ini dimungkinkan oleh hadirnya teknologi TIK yang disruptif. Istilah "teknologi disruptif" digunakan dalam konteks TIK untuk menggambarkan perkembangan yang mengubah secara drastis cara suatu industri beroperasi⁹. Inovasi-inovasi ini umumnya memperkenalkan produk, layanan, atau proses baru yang mengguncang pasar dan rantai nilai yang ada. Industri yang telah lama menghadapi inefisiensi atau masalah dapat menemukan solusi baru melalui

teknologi disruptif¹⁰. Perkembangan terkini dalam kekuatan komputasi, konektivitas jaringan, atau pemrosesan data membuka peluang bagi solusi inovatif atas permasalahan yang kompleks¹¹. Dengan demikian, dinamika industri mengalami perubahan signifikan seiring dengan adopsi luas teknologi baru yang menawarkan solusi yang lebih baik dan segar terhadap masalah-masalah lama.

Transformasi Digital 5.0 merupakan paradigma baru yang melampaui konsep Revolusi Industri 4.0 dengan menekankan integrasi teknologi canggih dan aspek kemanusiaan dalam satu ekosistem yang berkelanjutan. Berbeda dengan era sebelumnya yang berfokus pada otomatisasi dan efisiensi, Transformasi Digital 5.0 menghadirkan pendekatan kolaboratif antara manusia dan mesin, di mana teknologi tidak hanya menjadi alat, tetapi juga mitra dalam pengambilan keputusan dan penciptaan nilai¹². Dalam konteks kesehatan, Digital Transformation 5.0 mencakup pemanfaatan kecerdasan buatan, robotika kolaboratif, IoT medis, blockchain, dan metaverse medis untuk meningkatkan diagnosis, perawatan, serta pengalaman pasien. Pendekatan ini juga menekankan keseimbangan antara inovasi teknologi dengan nilai-nilai etika, empati, serta keberlanjutan, sehingga mampu memperkuat daya tahan sistem kesehatan sekaligus mendukung pencapaian SDGs 3 tentang kesehatan dan kesejahteraan global¹³. Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) memiliki peran penting dalam meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan yang berkelanjutan. Sebagai kekuatan disruptif, TIK merevolusi layanan kesehatan, mendukung individu dengan disabilitas, serta memajukan kesehatan masyarakat secara luas¹⁴. TIK yang disruptif juga mampu mengubah ekosistem sistem layanan kesehatan menjadi pendekatan yang lebih berkelanjutan dengan layanan dan pengobatan jarak jauh yang canggih¹⁵. Perubahan besar dapat terjadi dalam rantai nilai layanan kesehatan, distribusi obat, kepercayaan pasien, serta interaksi dengan dokter¹⁶. Oleh karena itu, pengembangan infrastruktur TIK yang berfokus pada keberlanjutan sangat penting untuk mendukung tujuan "Kesehatan dan Kesejahteraan yang Baik" dalam SDGs.

Transformasi digital di sektor kesehatan meliputi teknologi seperti telemedicine, perangkat berbasis IoT, AI, dan catatan kesehatan berbasis blockchain^{17,18}. Teknologi ini meningkatkan komunikasi antara pasien dan dokter, serta mengoptimalkan manajemen informasi kesehatan melalui blockchain yang aman dan transparan¹⁹. Penggunaan AI dan robotik meningkatkan efisiensi bedah serta mengotomatiskan tugas administratif^{20,21}. Era Industri 5.0 membawa kemajuan lebih lanjut dengan integrasi robotika canggih dan metaverse, yang memungkinkan kolaborasi manusia-mesin serta simulasi medis dalam lingkungan virtual²². Revolusi ini berfokus pada

otomatisasi yang tetap mempertimbangkan aspek kemanusiaan, dengan potensi besar untuk meningkatkan pengalaman pasien dan efisiensi operasional layanan kesehatan²³.

Beberapa penelitian sebelumnya telah meneliti topik terkait integrasi TIK dengan sistem perawatan kesehatan, terutama dari sudut pandang tiga pilar keberlanjutan: lingkungan, sosial, dan ekonomi^{24–27}. Meskipun terdapat survei penelitian yang memberikan gambaran umum mengenai aspek keberlanjutan, penelitian tersebut tidak membahas secara rinci tentang integrasi TIK serta tantangan yang muncul darinya. Hanya aspek keberlanjutan lingkungan yang dibahas dalam survei, yang juga mengidentifikasi IoT sebagai teknologi integrasi dengan fokus terbatas pada penerapannya²⁸. Penelitian Cabanillas-Carbonell dkk (2023) hanya mencakup telemedicine dan teknologi TIK, seperti jaringan seluler generasi ke-5 (5G), dalam konteks perawatan kesehatan²⁹. Beberapa makalah penelitian membahas aspek keberlanjutan dengan cakupan terbatas, menyoroti masalah keterbatasan integrasi TIK, serta pemanfaatan AI dan big data sebagai teknologi integrasi^{30,31}. Studi yang ada belum secara komprehensif mengkaji kemajuan teknologi 5.0 dan dukungannya pada keberlanjutan.

Berdasarkan kajian dan kesenjangan literatur, studi ini bertujuan untuk menganalisis transformasi digital 5.0 dari sudut pandang sektor kesehatan, khususnya pada elemen sistem, signifikansi, dan manfaatnya. Studi ini juga akan mengeksplorasi lebih lanjut integrasi transformasi digital ke dalam sistem kesehatan Nasional untuk mendukung tercapainya Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 3, yaitu Kesehatan dan Kesejahteraan Berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *systematic literature review* (SLR). Metodologi ini dipilih untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis penelitian yang relevan secara sistematis, sehingga mampu memberikan gambaran menyeluruh terkait integrasi teknologi TIK seperti AI, IoT, Big Data, Blockchain, Robotika, dan Metaverse di sektor kesehatan. Rencana tinjauan penelitian ini mengikuti pedoman dan protokol yang telah diakui secara internasional, dengan tahapan yang mencakup perumusan tujuan dan pertanyaan penelitian, penetapan kriteria kelayakan, strategi pencarian, seleksi studi, ekstraksi data, penilaian kualitas, serta sintesis hasil³².



Gambar 1. Rencana tinjauan metodologi dari studi penelitian yang diusulkan

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi TIK terkini dapat diintegrasikan dalam sistem kesehatan, dengan mempertimbangkan tantangan keberlanjutan, keamanan, privasi, dampak sosial, serta potensi arah penelitian di masa depan. Berdasarkan tujuan tersebut, penelitian ini difokuskan pada lima pertanyaan utama yang menjadi dasar analisis:

- 1. Bagaimana kelangkaan penelitian ilmiah saat ini terkait integrasi teknologi TIK seperti AI, IoT, Big Data, Blockchain, Robotika, dan Metaverse di sektor kesehatan?
- 2. Tantangan apa yang dihadapi industri kesehatan dalam upaya transformasi digital terkait teknologi tersebut?
- 3. Bagaimana teknologi tersebut berkontribusi dalam meningkatkan keberlanjutan di sektor kesehatan?
- 4. Bagaimana pengaruh integrasi teknologi tersebut terhadap operasional sistem kesehatan?
- 5. Apa dampak, tantangan saat ini, dan aspek penelitian masa depan dari integrasi teknologi TIK di sektor kesehatan?

Strategi pencarian dilakukan secara sistematis dengan menggunakan beberapa basis data ilmiah terkemuka, yaitu Google Scholar, Elsevier, Emerald, Springer Link, IEEE Xplore, MDPI, dan Wiley. Untuk mendukung pencarian yang komprehensif, peneliti menyusun daftar *string* pencarian yang memuat berbagai kombinasi kata kunci, sebagaimana dirinci dalam Tabel 1. Kata kunci ini dikelompokkan berdasarkan isu kesehatan digital, keberlanjutan, integrasi teknologi, serta tantangan desain, keamanan, dan dampak sosial.

Tabel 1. Daftar String dan Kata Kunci

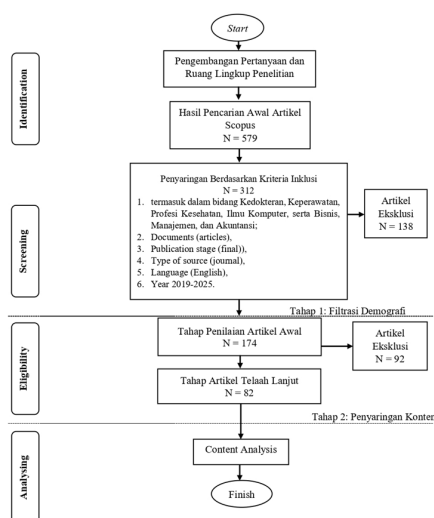
String	Keyword (K1)	Keyword (K2)	Keyword (K3)	Keyword (K4)
S1	Good health and well-being	Sustainability	Digital Transformation	Technology Adoption
S2	E-Health	Smart Health Systems	Health Informatics	Health Technology Assessment
S3	E-health	AI Integration	Design Challenges	Security
S4	Sustainable E-Health	Blockchain Technology	Use Cases	Benefits
S5	E-Health, Integration Impacts	IoT Applications	Environmental Impact	Social Impact
S6	E-Health and Sustainability	Big Data Analytics	Future Research Directions	Implications
S7	Digital Health Solutions	Robotics in Healthcare	Challenges	Patient Empowerment
S8	Metaverse in Healthcare	Virtual Health Services	Accessibility	User Experience

Sumber: Data Primer (2024)

Kriteria kelayakan ditetapkan dengan jelas melalui dua kategori, yaitu inklusi dan eksklusi. Artikel yang diikutsertakan dalam tinjauan harus memenuhi persyaratan: (1) termasuk dalam bidang Kedokteran, Keperawatan, Profesi Kesehatan, Ilmu Komputer, serta Bisnis, Manajemen, dan Akuntansi; (2) merupakan artikel jurnal yang telah mencapai tahap publikasi final; (3) diterbitkan dalam bahasa Inggris untuk memastikan aksesibilitas dan pemahaman luas; serta (4) terbit pada rentang tahun 2012–2024 guna menangkap perkembangan terbaru transformasi digital di sektor kesehatan. Artikel yang tidak memenuhi kriteria ini,

termasuk publikasi dalam bentuk *conference proceeding*, artikel non-ilmiah, serta studi di luar bidang yang ditentukan, dikeluarkan dari tinjauan. Untuk memastikan keteraturan, kriteria inklusi dan eksklusi ini dikembangkan berdasarkan pendekatan *population, intervention/exposure, outcome* (PIO). Populasi yang dituju adalah sektor kesehatan secara global dengan fokus pada integrasi teknologi TIK, intervensi yang ditinjau adalah adopsi teknologi digital, sedangkan *outcome* yang dianalisis adalah dampak terhadap keberlanjutan, keamanan, dan efektivitas sistem kesehatan.

PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) adalah pedoman internasional yang digunakan untuk meningkatkan transparansi, konsistensi, dan kualitas pelaporan dalam tinjauan sistematis serta meta-analisis. PRISMA menyediakan kerangka kerja yang jelas untuk melaporkan proses penelitian mulai dari identifikasi, penyaringan, kelayakan, hingga inklusi studi³³. Alat utamanya adalah diagram alur PRISMA yang menggambarkan jumlah artikel yang diidentifikasi, disaring, dieliminasi, dan akhirnya dimasukkan dalam analisis. Dengan mengikuti PRISMA, peneliti dapat memastikan bahwa proses seleksi studi dilakukan secara sistematis, dapat bereplikasi, dan mengurangi potensi bias. Proses penyaringan artikel menggunakan alur PRISMA dimulai dengan hasil pencarian awal sebanyak 579 artikel dari tujuh basis data ilmiah. Tahap pertama dilakukan seleksi berdasarkan judul, menghasilkan 312 artikel yang dianggap relevan, sementara 138 artikel dikeluarkan karena tidak sesuai dengan kriteria inklusi. Selanjutnya, pada tahap penyaringan abstrak dan pendahuluan, hanya 174 artikel yang lolos, sedangkan 92 artikel dieliminasi lebih lanjut. Dari hasil telaah mendalam, 82 artikel memenuhi semua kriteria kelayakan dan dimasukkan ke dalam analisis konten. Proses ini menegaskan bahwa artikel yang dipilih benar-benar representatif, berkualitas, dan sesuai dengan tujuan penelitian sistematis.



Gambar 2. Proses Penyaringan Studi yang Relevan

Penilaian kualitas artikel dilakukan sebagai bagian penting dari proses SLR. Evaluasi dilakukan menggunakan daftar kriteria yang mencakup kejelasan tujuan penelitian, kesesuaian metode, validitas data, kontribusi terhadap bidang ilmu, dan transparansi pelaporan. Penilaian ini diterapkan menggunakan skema penilaian berbasis *checklist* yang diadaptasi dari pedoman *Critical Appraisal Skills Programme* (CASP). Dua peneliti secara independen melakukan penilaian terhadap setiap artikel, dan hasilnya dibandingkan untuk memastikan konsistensi. Dalam hal terdapat perbedaan skor, diskusi dilakukan untuk mencapai kesepakatan akhir. Tidak ada perangkat otomatis yang digunakan dalam penilaian kualitas.

Sintesis hasil dilakukan dengan pendekatan tematik, mengelompokkan temuan penelitian berdasarkan pertanyaan utama yang telah ditetapkan. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi tren penelitian, tantangan utama, celah pengetahuan, serta arah penelitian masa depan terkait integrasi teknologi TIK di sektor kesehatan. Pendekatan ini memungkinkan studi untuk tidak hanya memaparkan gambaran penelitian yang ada, tetapi juga memberikan wawasan mengenai bagaimana teknologi dapat mendukung transformasi digital kesehatan yang berkelanjutan dan inklusif. Dengan metodologi yang sistematis ini, penelitian diharapkan mampu menyajikan analisis yang valid, transparan, dan dapat direplikasi oleh peneliti lain, serta memberikan kontribusi signifikan dalam memahami dinamika dan prospek integrasi teknologi TIK di bidang kesehatan.

HASIL

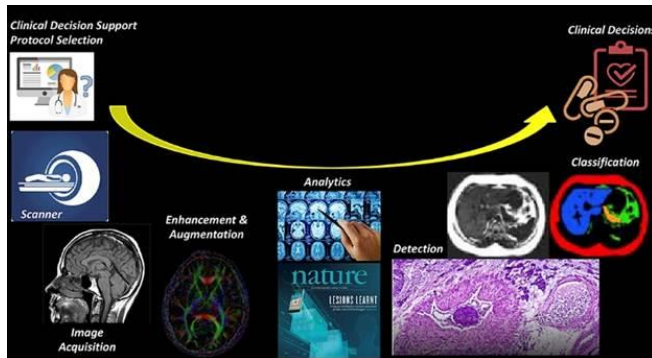
Transformasi Digital dalam Pelayanan Kesehatan 5.0

1. Artificial Intelligence

Artificial Intelligence (AI) adalah teknologi yang memungkinkan mesin untuk meniru kemampuan manusia dalam memproses informasi, belajar, dan mengambil keputusan³⁴. AI menggunakan algoritma dan data untuk mengenali pola, membuat prediksi, serta menyelesaikan masalah. Teknologi ini diterapkan dalam berbagai bidang, seperti pengenalan wajah, asisten virtual, kendaraan otonom, dan analisis data³⁵. Terdapat dua jenis utama AI: *narrow AI* yang fokus pada tugas spesifik, dan *general AI* yang mampu memahami serta mempelajari berbagai fungsi secara mandiri³⁶. AI memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas, tetapi juga menghadirkan tantangan terkait etika dan dampak sosial.

Teknologi AI semakin berperan penting dalam transformasi bidang kesehatan. Algoritma AI dapat menganalisis sejumlah besar data klinis, mengidentifikasi pola, dan memprediksi hasil medis dengan akurasi yang belum pernah ada sebelumnya, sehingga meningkatkan proses diagnosis dan

mengurangi kesalahan manusia³⁷. Dalam radiologi medis, AI meningkatkan kualitas gambar medis dan mengurangi paparan radiasi, memastikan diagnosis dilakukan dengan tingkat akurasi yang tinggi³⁸. Selain itu, AI dalam histopatologi diagnostik mempercepat proses diagnosis dengan menganalisis gambar mikroskopis dan memprediksi perkembangan penyakit, sehingga meningkatkan hasil pasien³⁹.



Gambar 3. Teknologi AI untuk Pencitraan Medis Radiologi dan Analisis Histologi-Biologi Sel

AI juga menyederhanakan tugas administratif, seperti penagihan dan penjadwalan, mengurangi pekerjaan kertas dan meningkatkan efisiensi operasional di dalam organisasi kesehatan⁴⁰. Penggunaan AI dalam analitik prediktif memungkinkan penyedia layanan kesehatan untuk menawarkan perawatan proaktif dan preventif, yang mengarah pada hasil pasien yang lebih baik dan pengurangan biaya kesehatan⁴¹. Selain itu, sistem pendukung keputusan yang didukung AI memberikan saran waktu nyata kepada penyedia layanan kesehatan, membantu dalam pengambilan keputusan diagnosis dan pengobatan⁴².

Penerapan AI dalam sektor kesehatan di Indonesia saat ini telah menjadi fokus utama Kementerian Kesehatan (Kemenkes) untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi layanan kesehatan⁴³. Mulai Mei 2024, Google berkolaborasi dengan Kemenkes untuk menerapkan AI dalam pelayanan kesehatan melalui platform SATUSEHAT⁴⁴. Kemenkes RI juga telah melakukan penandatanganan memorandum of understanding (MoU) dengan perusahaan teknologi kesehatan asal Australia, Harrison AI, untuk menerapkan AI di RSPON Prof Mahar Mardjono untuk pengembangan teknologi CT Scan AI Penyakit Syaraf Otak, Rumah Sakit Kanker Dharmais untuk teknologi AI Radiologi Kanker dan Deteksi Patologi Anatomi serta RS Dr. Djamil Padang untuk deteksi penyakit tuberkulosis⁴⁵.

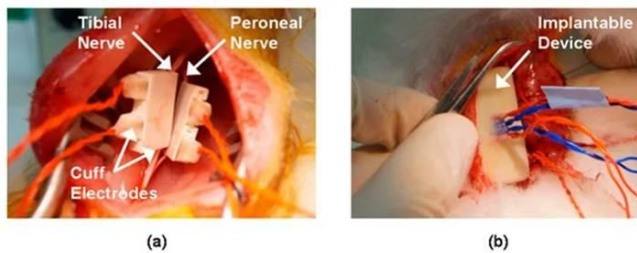
2. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah jaringan perangkat yang saling terhubung melalui internet, memungkinkan pertukaran data tanpa campur tangan manusia⁴⁶. Perangkat-perangkat ini dilengkapi sensor, perangkat lunak, dan teknologi lain yang memungkinkan mereka

mengumpulkan, menganalisis, dan bertindak berdasarkan informasi. Teknologi IoT berfokus pada pengembangan sistem yang memungkinkan perangkat untuk berinteraksi secara otomatis, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan pengambilan keputusan berbasis data⁴⁷. Kunci utama dari IoT adalah kemampuan konektivitas yang memungkinkan integrasi dunia fisik dengan dunia digital, menciptakan ekosistem cerdas⁴⁸. Penggunaan teknologi ini memerlukan infrastruktur yang aman, handal, serta kompatibilitas antar perangkat. Internet of Things (IoT) telah menjadi salah satu teknologi yang mengubah berbagai sektor, termasuk sektor kesehatan⁴⁹. Dalam IoT sering dikenal sebagai Internet of Medical Things (IoMT). IoMT melibatkan integrasi perangkat medis, sistem monitoring, dan alat kesehatan lainnya yang terhubung, bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, akurasi diagnosis, perawatan pasien, serta pengambilan keputusan medis⁵⁰.

Penelitian menunjukkan bahwa salah satu manfaat utama dari integrasi IoT dalam sektor kesehatan adalah kemampuan untuk mengumpulkan data pasien secara real-time. Melalui perangkat yang terhubung, seperti sensor yang dipasang pada tubuh pasien atau alat pengukur vital signs, data kesehatan dapat dipantau secara terus-menerus tanpa perlu pasien berada di rumah sakit⁵¹. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ru et al. (2021), pemantauan real-time ini memungkinkan deteksi dini terhadap kondisi kritis, seperti serangan jantung atau stroke, yang kemudian dapat meningkatkan respons medis yang cepat dan efektif⁵². Selain itu, IoT berperan penting dalam otomatisasi proses klinis dan operasional. Pada rumah sakit, perangkat IoT dapat digunakan untuk mengelola persediaan obat, peralatan medis, dan pemeliharaan peralatan melalui sistem inventaris otomatis⁵³. Dengan mengurangi campur tangan manusia, proses ini meningkatkan efisiensi operasional rumah sakit dan mengurangi risiko kesalahan manusia, seperti kehabisan persediaan atau kerusakan alat medis yang terlambat dideteksi⁵⁴.

Studi taksonomi IoT untuk Kesehatan membagi empat klasifikasi perangkat. Perangkat wearable yang dapat dikenakan pada tubuh, seperti jam tangan pintar, gelang fitness, dan lainnya⁵⁵. Produk ini berfungsi memantau berbagai parameter kesehatan seperti detak jantung, kadar oksigen dalam darah, suhu tubuh, dan lainnya. Perangkat Implantable yang tertanam dalam tubuh untuk memantau kondisi organ dalam tubuh secara terus-menerus dan bahkan dapat memberikan terapi tertentu⁵⁶. Hal ini seperti Pacemaker, pompa insulin, stimulator saraf. Perangkat stasioner yang ditempatkan di suatu lokasi, seperti EKG-Ventilator rumah sakit atau sistem dispensing obat klinik untuk membantu diagnosis, pengobatan, dan perawatan pasien⁵⁷. Perangkat pemantau kondisi kesehatan jarak jauh seperti telemedicine, monitor tekanan darah, monitor kadar gula darah, kamera khusus untuk dokter memantau pasien infeksius⁵⁸.



Gambar 4. Implantasi Stimulasi Saraf Perifer Teknologi IoT Pasien Bedah Saraf

Integrasi IoT juga meningkatkan personalized medicine, yaitu pengobatan yang disesuaikan dengan kondisi individu pasien. Berdasarkan data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT, pengobatan dan perawatan dapat dipersonalisasi, sehingga meningkatkan efektivitas terapi dan mengurangi efek samping obat yang tidak diinginkan⁵⁹. Rumah Sakit Besar di Indonesia mayoritas saat ini memiliki sistem monitoring jaringan peralatan medis berbasis IoT untuk dapat memantau kondisi kerja peralatan pemantauan real-time jarak jauh, dan dapat mengontrol simpul perbaikan secara dinamis⁶⁰.

3. Blockchain

Teknologi blockchain adalah sistem penyimpanan data yang terdesentralisasi dan aman, memungkinkan pencatatan informasi secara transparan dan tidak dapat diubah⁶¹. Setiap data atau transaksi dicatat dalam blok yang saling terhubung dalam rantai, sehingga menciptakan jejak audit yang jelas. Dengan menggunakan kriptografi, blockchain menjamin integritas dan keamanan data, menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi, mulai dari mata uang digital seperti Bitcoin hingga kontrak pintar dan manajemen rantai pasokan⁶². Keunggulan utama teknologi ini termasuk transparansi, karena semua pihak dapat mengakses data yang sama, dan desentralisasi, yang mengurangi risiko single point of failure⁶³. Selain itu, blockchain juga dapat meningkatkan efisiensi dalam proses bisnis dengan mengurangi kebutuhan perantara.

Dalam sektor kesehatan, blockchain menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan keamanan, transparansi, dan efisiensi sistem informasi kesehatan. Dengan memanfaatkan sifat desentralisasi, data medis pasien dapat disimpan dalam jaringan blockchain, mengurangi risiko kebocoran dan penyalahgunaan informasi¹⁸. Setiap transaksi medis, seperti rekam medis dan hasil tes, dicatat dalam blok yang terhubung, menciptakan jejak audit yang jelas dan dapat diakses oleh pihak berwenang dengan izin yang tepat.

Teknologi blockchain juga memungkinkan interoperabilitas antara sistem kesehatan yang berbeda, memudahkan berbagi informasi secara aman antara rumah sakit, dokter, dan pasien⁶⁴. Selain itu,

teknologi ini dapat digunakan untuk memantau rantai pasokan obat, memastikan keaslian dan keamanan produk farmasi⁶⁵. Meskipun tantangan seperti regulasi dan adopsi teknologi masih ada, potensi blockchain untuk meningkatkan layanan kesehatan, efisiensi operasional, dan keamanan data menjadikannya alat yang berharga dalam transformasi sektor kesehatan di masa depan.

4. Big Data Analytics

Teknologi Big Data merujuk pada metode dan alat yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis volume data yang sangat besar dan kompleks⁶⁶. Dengan kemajuan digitalisasi, data sekarang dihasilkan dari berbagai sumber seperti media sosial, perangkat IoT, dan transaksi online. Big Data memungkinkan organisasi untuk menggali wawasan berharga dari data tersebut, membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dan lebih cepat⁶⁷. Teknologi ini mencakup berbagai komponen seperti penyimpanan data, pemrosesan, dan analitik. Platform seperti Hadoop dan Spark sering digunakan untuk memproses data dalam skala besar⁶⁸. Selain itu, teknik *machine learning* dan kecerdasan buatan semakin diintegrasikan untuk meningkatkan analisis data.

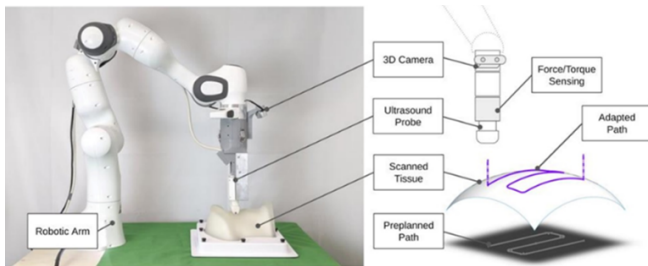
Penerapan teknologi Big Data dalam sektor kesehatan telah membawa dampak signifikan dalam peningkatan layanan medis dan pengambilan keputusan. Dalam kajian literatur, beberapa studi menyoroti penggunaan Big Data untuk analisis epidemiologi, yang memungkinkan identifikasi dan respon cepat terhadap wabah penyakit⁶⁹. Selain itu, analitik prediktif dapat digunakan untuk mempersonalisasi perawatan pasien, meningkatkan hasil pengobatan, dan mengurangi biaya kesehatan⁷⁰. Teknologi ini juga mendukung penelitian klinis dengan mengintegrasikan data dari berbagai sumber, mempercepat proses pengembangan obat⁷¹. Kementerian Kesehatan RI telah berupaya mengintegrasikan Big Data dalam Platform SatuSehat yang akan mengintegrasikan data kesehatan, termasuk rekam medis pasien lintas fasilitas kesehatan (faskes)⁷²

5. Robotika Medis

Robotika adalah bidang interdisipliner yang menggabungkan teknik, ilmu komputer, dan otomasi untuk merancang dan mengembangkan robot yang mampu melakukan tugas secara mandiri⁷³. Dalam sektor kesehatan, robotika medis telah merevolusi cara diagnosis, operasi, dan perawatan pasien. Dengan teknologi seperti bedah robotik dan sistem pemantauan otomatis, robotika medis meningkatkan presisi, efisiensi, dan keselamatan dalam prosedur medis⁷⁴. Inovasi ini tidak hanya mempercepat proses penyembuhan, tetapi juga memperluas akses terhadap perawatan yang lebih canggih. Seiring perkembangan teknologi, potensi robotika dalam dunia medis terus tumbuh, menawarkan solusi baru untuk tantangan

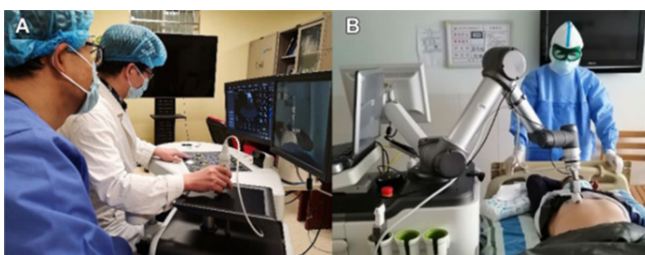
kesehatan global.

Saat ini terdapat banyak alat robotik medis yang berkembang, baik sebagai teknologi inti terapi maupun pendukung pelayanan. Masa Pandemi COVID-19 menandai kemajuan mendadak teknologi medis dengan kehadiran Tele-Ultrasound Berbantuan Robot dan dengan kecepatan 5G⁷⁵. Tele-ultrasound adalah teknologi yang memungkinkan dokter untuk melakukan pemeriksaan ultrasound pada pasien dari jarak jauh. Gambar 5 merupakan Alat Tele-Ultrasound 5G terbaru yang lebih cocok untuk skala Puskesmas.



Gambar 5. Tele-Ultrasound Untuk Sektor Layanan Kesehatan Primer

Teknologi ini menggunakan jaringan komunikasi untuk mengirimkan gambar ultrasound dari pasien ke dokter jarak jauh. Robot-assisted tele-ultrasound adalah pengembangan dari tele-ultrasound yang menggunakan robot untuk membantu dokter dalam melakukan pemeriksaan. Robot ini dapat digunakan untuk mengendalikan probe ultrasound, sehingga dokter dapat melakukan pemeriksaan dengan lebih akurat dan mudah⁷⁶. Tele-ultrasound berbantuan robot dapat digunakan dokter spesialis untuk mendiagnosis berbagai penyakit, seperti kanker, penyakit jantung, dan penyakit ginjal secara langsung pada saat situasi pelayanan jarak jauh. Selain itu, teknologi ini dapat memantau kondisi pasien secara real-time dan menjadi alat pendidikan dan pelatihan medis kepada tenaga kesehatan maupun calon tenaga kesehatan seperti mahasiswa profesi dokter dan ners. Teknologi ini dapat membantu pelayanan kesehatan puskesmas dalam pemeriksaan penunjang secara realtime. Keberadaan alat ini juga dapat digunakan oleh Bidan Puskesmas atau Dokter Umum bekerjasama dengan Dokter Spesialis Obygyn Ginekologi dalam pelayanan pada Ibu Hamil.



Gambar 6. Praktik Teknologi Ultrasound Dokter Spesialis Rujukan (A) dengan Klinik Primer (B)

Telesurgery menjadi teknologi medis yang dapat diterapkan pada skala Puskesmas karena dapat membantu pelaksanaan operasi minor atau semi mayor jarak jauh⁷⁷. Penggunaan telesurgery dapat dilakukan hingga jarak 400 KM antara dokter spesialis dan tenaga medis kedokteran layanan primer di Puskesmas⁷⁸. Kelayakan operasi berbantuan tele robot menggunakan 5G telah didemonstrasikan pada empat operasi (nefrektomi, hepatektomi parsial, kolesistektomi, dan kistektomi)⁷⁹. Teknologi ini dapat meningkatkan aksesibilitas pasien terhadap prosedur bedah berkualitas, mengurangi jarak geografis antara pasien dan spesialis bedah. Keberadaan telesurgery juga dapat untuk melaksanakan Manipulasi Kateter Tele-Endovaskular untuk pengobatan iskemia ekstremitas kritis dan stroke dari jarak jauh⁸⁰. Terakhir, telesurgery juga dapat menjadi pemantau pasien pascaoperasi. Pada tahun 2019, telesurgery digunakan untuk membantu seorang ahli bedah di Gaozhou (Tiongkok) dengan bimbingan dari seorang ahli di provinsi Guangdong (Tiongkok) yang berjarak 250 mil untuk mengoperasi pasien berusia 41 tahun yang menderita penyakit jantung bawaan⁸¹. Anatomi pasien direkonstruksi dari CT scan menggunakan AI dan dikirim ke lokasi ahli. Dengan menggunakan tampilan real-time dari ahli bedah di ruang operasi dan adegan VR yang sesuai, mentor dapat dengan mudah memberikan panduan langsung melalui streaming audio real-time menggunakan 5G, mempertahankan kecepatan transmisi pada 25 Mbps dengan latensi 30 ms. Indonesia pertama kali melaksanakan Operasi Jarak Jauh Kista Kerjasama RSUP Cipto Mangunkusumo dan RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah Bali. Keberhasilan ini menunjukkan Indonesia sudah siap mengakselerasikan teknologi maju dalam sistem pelayanan kesehatan berkelanjutan.

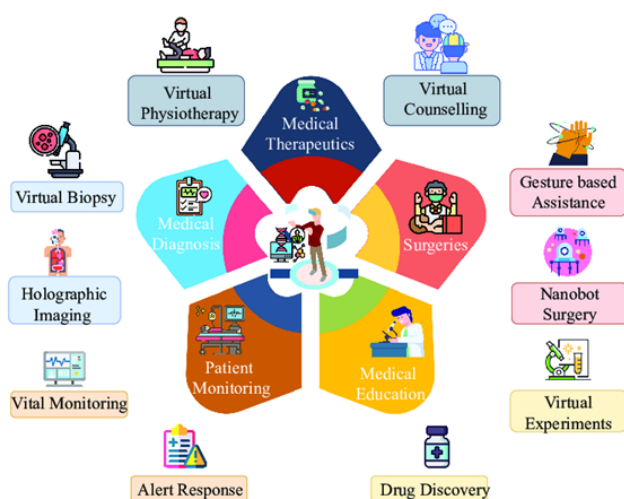


Gambar 7. Praktik Telesurgery Pertama Indonesia

6. Metaverse

Metaverse adalah ruang virtual yang menggabungkan dunia fisik dan digital, menawarkan pengalaman interaktif yang imersif⁸². Dalam metaverse, pengguna dapat berinteraksi dalam lingkungan tiga dimensi menggunakan avatar, berpartisipasi dalam berbagai aktivitas seperti permainan, konser, dan pertemuan sosial. Teknologi seperti augmented reality (AR), virtual reality (VR), dan blockchain berperan penting dalam membangun dan mengamankan ekosistem metaverse⁸³. Konsep ini tidak hanya melibatkan hiburan, tetapi juga memiliki potensi dalam bidang pendidikan, bisnis, dan kolaborasi. Dengan pertumbuhan pesat dalam teknologi digital, metaverse diharapkan akan menciptakan peluang baru bagi inovasi, komunikasi, dan ekonomi digital. Meskipun masih dalam tahap pengembangan, metaverse menjanjikan masa depan di mana batas antara dunia nyata dan virtual semakin kabur, membuka jalan bagi pengalaman yang lebih kaya dan terhubung⁸⁴.

Kajian literatur terkait metaverse dalam sektor kesehatan menunjukkan potensi besar untuk transformasi layanan medis dan pendidikan kesehatan⁸⁵. Metaverse dapat menyediakan lingkungan virtual untuk simulasi pelatihan bagi tenaga medis dan mahasiswa profesi kesehatan, memungkinkan mereka berlatih dalam skenario realistis tanpa risiko bagi pasien⁸⁶. Selain itu, platform ini mendukung telemedicine dengan menciptakan ruang interaktif bagi dokter dan pasien, meningkatkan komunikasi dan pengalaman pasien⁸⁷.



Gambar 8. Potensi Aplikasi Metaverse dalam Pelayanan Kesehatan

Studi menunjukkan bahwa penggunaan augmented reality (AR) dan virtual reality (VR) dalam terapi fisik dan rehabilitasi dapat meningkatkan motivasi pasien dan hasil pemulihan⁸⁸. Di sisi lain, tantangan seperti privasi data dan regulasi tetap perlu diperhatikan⁸⁹. Dengan berbagai penelitian yang terus berkembang, metaverse berpotensi merevolusi cara

kita memahami dan mengakses layanan kesehatan, meningkatkan efisiensi, serta memberikan pengalaman yang lebih baik bagi pasien dan tenaga medis. Integrasi teknologi ini akan menjadi langkah penting dalam menciptakan sistem kesehatan yang lebih responsif dan terhubung.

PEMBAHASAN

Implikasi Integrasi ICT Kesehatan dalam Sistem Kesehatan Berkelanjutan dan SDGs

1. Pengembangan E-Health System Indonesia

Kemajuan teknologi seperti AI, IoT, big data, blockchain, robotika medis, dan metaverse telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem e-Health di Indonesia. Semua teknologi ini perlu diintegrasikan secara harmonis dalam skema Information and Communication Technologies (ICT) di sektor layanan kesehatan. Pengembangan sistem e-Health yang menggabungkan seluruh unsur kemajuan teknologi untuk mendukung kesehatan dan sektor terkait, diakui sebagai langkah penting menuju tercapainya universal health coverage (UHC) dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)⁹⁰. Sistem integrasi ini mencakup berbagai intervensi seperti telehealth, telemedicine, M-Health, rekam medis elektronik, big data, perangkat medis wearable, dan AI, yang semuanya berperan penting dalam meningkatkan akses dan kualitas layanan kesehatan⁹¹.

Sistem e-Health meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan kesehatan dengan menyediakan layanan kesehatan berbiaya rendah dan meningkatkan kualitas hidup melalui pemberian layanan kesehatan jarak jauh. Interoperabilitas perangkat dan normalisasi data tetap menjadi tantangan yang signifikan, sehingga memerlukan pengembangan standar dan kerangka kerja seperti HL7 dan DICOM untuk memastikan komunikasi yang lancar antar perangkat⁹². WHO mempromosikan penggunaan e-Health dengan mengembangkan pedoman dan kerangka penilaian untuk membantu Negara Anggota memilih, mengadopsi, mengelola, dan mengevaluasi solusi e-Health⁹³.

Penerapan sistem e-Health juga memerlukan kepatuhan terhadap prinsip-prinsip seperti kepatuhan, integrasi, keandalan, dan keamanan data untuk memastikan integritas dan privasi data pasien⁹⁴. Teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT) dan blockchain sedang diintegrasikan ke dalam sistem e-Health untuk menyediakan pemantauan waktu nyata, meningkatkan keamanan data, dan mendukung layanan otonom⁹⁵. Dalam upaya keberlanjutan pula, e-health mendorong pengurangan biaya operasional layanan kesehatan jangka panjang dan mengurangi dampak ekologis melalui digitalisasi layanan.

2. Peran ICT dalam Mewujudkan Akses Kesehatan yang Inklusif

Penerapan ICT dalam sistem kesehatan berkelanjutan Indonesia berperan penting dalam memperluas akses kesehatan yang lebih inklusif dan merata. Menurut Niedfeldt dkk (2021), ICT memungkinkan layanan kesehatan diakses lebih cepat dan efisien, terutama bagi masyarakat di daerah terpencil⁹⁶. Teknologi seperti telemedicine, rekam medis elektronik, dan aplikasi mobile health (mHealth) terbukti meningkatkan kualitas layanan, memperluas jangkauan perawatan, serta mengurangi hambatan geografis dan ekonomi⁹⁷.

Studi Liljamo dkk (2021) menunjukkan bahwa ICT berperan dalam mengurangi ketimpangan kesehatan antara kelompok masyarakat berpenghasilan rendah dan tinggi⁹⁸. Anjum dkk (2020) menemukan bahwa mHealth memungkinkan pasien mendapatkan informasi kesehatan, konsultasi jarak jauh, dan pemantauan kondisi secara real-time, tanpa memerlukan kunjungan langsung ke fasilitas kesehatan⁹⁹. Hal ini relevan dengan temuan Lebrecht & Minssen (2021), yang menunjukkan bahwa integrasi big data dan teknologi AI dalam sistem kesehatan dapat memprediksi tren penyakit dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat¹⁰⁰.

Akan tetapi, tantangan Indonesia dalam upaya integrasi ICT Kesehatan diidentifikasi oleh Nugroho dkk (2021) mencakup kesenjangan digital, keterbatasan infrastruktur, dan kurangnya keterampilan teknologi¹⁰¹. Oleh karena itu, kolaborasi lintas sektor diperlukan untuk mengoptimalkan peran ICT dalam menciptakan sistem kesehatan yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

3. Kontribusi ICT dalam Pemantauan Kesehatan Berbasis Data untuk Keberlanjutan

Dalam sistem kesehatan berkelanjutan Indonesia, pemantauan kesehatan yang efektif sangat penting untuk mencapai tujuan kesehatan masyarakat. Menurut Thayanathan (2019), penerapan ICT memungkinkan pengumpulan dan analisis data kesehatan secara real-time, yang mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat¹⁰². Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengidentifikasi tren epidemiologi dan memperkirakan kebutuhan sumber daya kesehatan¹⁰³. Hal ini sangat terkait dengan dampak ketidaksiapan pengambilan keputusan strategis dalam Masa Krisis Pandemi COVID-19. Integrasi ICT juga sangat berkontribusi pada pengembangan sistem informasi kesehatan yang terintegrasi. Menurut Zahid dkk (2021), sistem ini memungkinkan kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk penyedia layanan kesehatan, peneliti, dan pemerintah¹⁰⁴. Melalui pertukaran informasi yang efisien, intervensi dapat dilakukan dengan lebih cepat, meningkatkan respons terhadap wabah dan masalah kesehatan masyarakat lainnya.

Pemanfaatan sistem informasi data kesehatan terintegrasi sangat memungkinkan pengambilan keputusan manajerial maupun tenaga medis berbasis data untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi layanan kesehatan. Misalnya, sistem yang mengintegrasikan data yang dimasukkan pasien dengan informasi klinis dapat memberikan umpan balik yang disesuaikan kepada pasien, yang mendorong pengelolaan kondisi kronis secara mandiri yang lebih baik¹⁰⁵. Lebih jauh lagi, teknologi canggih seperti AI dan Blockchain meningkatkan keakuratan catatan kesehatan dan memfasilitasi pembagian informasi yang aman, yang sangat penting untuk menjaga kepercayaan pasien dan memastikan kepatuhan terhadap peraturan privasi¹⁰⁶.

Pada akhirnya, kontribusi TIK terhadap pemantauan kesehatan berbasis data mendukung keberlanjutan dengan mengurangi pemborosan, mengoptimalkan alokasi sumber daya, dan meningkatkan hasil kesehatan secara keseluruhan. Dengan memungkinkan sistem perawatan kesehatan beroperasi lebih efisien, integrasi TIK tidak hanya mengatasi tantangan perawatan kesehatan langsung tetapi juga sejalan dengan tujuan keberlanjutan yang lebih luas seperti Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) Perserikatan Bangsa-Bangsa.

4. Pengurangan Beban Lingkungan dan Administratif dalam Digitalisasi Pelayanan Kesehatan

Integrasi ICT dalam sektor kesehatan menjadi kunci penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pelayanan kesehatan di Indonesia. Salah satu peran pentingnya adalah dalam pengurangan beban lingkungan dan administratif. Peralihan ke layanan kesehatan digital secara signifikan mengurangi dampak lingkungan yang terkait dengan sistem pelayanan berbasis kertas (Paper Based)¹⁰⁷. Sistem rekam medis elektronik dan pelayanan penunjang medik elektronik (e-farm, e-lab, e-radiology dll) menghilangkan kebutuhan akan dokumentasi fisik, sehingga mengurangi limbah kertas dan jejak karbon dari institusi perawatan kesehatan¹⁰⁸. Dengan penerapan sistem informasi kesehatan, penggunaan kertas dapat diminimalisir, yang berkontribusi pada pengurangan limbah. Penelitian oleh Yusof et al. (2020) menunjukkan bahwa digitalisasi rekam medis dan pengelolaan data pasien mengurangi kebutuhan penyimpanan fisik dan mengurangi konsumsi energi dalam pengelolaan dokumen¹⁰⁹.

Di sisi administratif, integrasi ICT mengotomatiskan banyak proses, seperti pendaftaran pasien dan penjadwalan, yang sebelumnya memerlukan banyak waktu dan tenaga kerja. Sebagai contoh, penggunaan aplikasi mobile untuk pendaftaran pasien dapat mengurangi antrian di rumah sakit dan meningkatkan kepuasan pasien¹¹⁰. Ini juga membantu staf medis untuk lebih fokus pada pelayanan langsung kepada pasien, daripada menghabiskan waktu untuk tugas administratif. Penerapan telemedicine sebagai

bagian dari transformasi kesehatan mengurangi kebutuhan perjalanan fisik bagi pasien, mengurangi emisi karbon dari transportasi. Penelitian oleh Chen dkk (2022) mengungkapkan bahwa telemedicine tidak hanya meningkatkan akses ke layanan kesehatan, tetapi juga memiliki dampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi jejak karbon¹¹¹.

5. Langkah Strategik Multisektor dalam Transformasi Digital Pelayanan Kesehatan Berkelanjutan 5.0

Transformasi digital dalam pelayanan kesehatan Indonesia menuju era 5.0 memerlukan pendekatan strategik multisektor untuk menciptakan sistem kesehatan yang berkelanjutan. Salah satu langkah kunci adalah pengembangan infrastruktur digital kesehatan yang terhubung, di mana interoperabilitas data seperti rekam medis elektronik dan cloud menjadi fondasi. Dalam hal ini, kolaborasi antara pemerintah, industri teknologi, dan institusi kesehatan menjadi penting untuk mempercepat adopsi teknologi. Teknologi AI dan Big Data harus diintegrasikan dalam Satu Sehat Kementerian Kesehatan RI untuk pengelolaan data kesehatan populasi terintegrasi dan mendorong pengambilan keputusan kesehatan masyarakat berbasis data. Satu Sehat yang terintegrasi teknologi maju berpotensi menjadi percontohan praktik teknologi dalam mendorong pelayanan kesehatan berkelanjutan.

Dalam transformasi digital, keamanan dan privasi data kesehatan menjadi prioritas utama. Strategi melibatkan sektor cybersecurity, regulator (Kementerian Kesehatan RI-Kementerian Komunikasi Informatika RI), dan institusi pelayanan kesehatan untuk memastikan data pasien terlindungi. Penguatan regulasi serta penerapan standar keamanan yang seragam di seluruh sektor juga menjadi hal yang krusial. Selain itu, pemberdayaan tenaga kesehatan melalui pelatihan digital juga penting. Tenaga kesehatan perlu dibekali kemampuan telemedicine dan pemanfaatan teknologi medis terbaru untuk mendukung transformasi ini. Pemerintah, sektor swasta, dan institusi pendidikan harus menyediakan program pelatihan berkelanjutan guna memastikan kesiapan tenaga kesehatan. Institusi pelayanan kesehatan milik pemerintah dapat mendorong penilaian kinerja tenaga medis dan non medis berbasis nilai SDGs dengan melibatkan transparansi teknologi.

Selanjutnya, peningkatan aksesibilitas layanan kesehatan digital merupakan tantangan besar, terutama bagi daerah terpencil. Kolaborasi antara pemerintah pusat-daerah, penyedia layanan kesehatan, dan operator telekomunikasi dibutuhkan untuk menurunkan biaya serta memperluas jangkauan teknologi kesehatan. Prioritas anggaran kesehatan dapat dilakukan dalam penyelarasan teknologi kesehatan pada wilayah 3T. Pemerintah Daerah dapat memperkuat teknologi rumah sakit daerah dan Puskesmas dengan anggaran daerah.

Akhirnya, kolaborasi dalam inovasi dan penelitian teknologi kesehatan perlu ditingkatkan. Pengembangan bersama antara sektor publik, swasta, dan akademisi akan mempercepat terciptanya solusi inovatif seperti wearables dan platform manajemen kesehatan digital. Pendanaan dan regulasi yang mendukung juga menjadi faktor kunci dalam mendorong inovasi di bidang ini.

KESIMPULAN

Studi ini menarik kesimpulan signifikansi dampak dari integrasi teknologi modern dalam sektor kesehatan. Teknologi seperti Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), blockchain, big data analytics, robotika medis, dan metaverse telah merevolusi cara layanan kesehatan diberikan, meningkatkan efisiensi, akurasi, dan aksesibilitas. AI digunakan untuk diagnosa dan perawatan yang lebih cepat, IoT memungkinkan pemantauan kesehatan real-time, dan blockchain menawarkan keamanan data yang lebih baik. Big data dan analitik prediktif membantu personalisasi perawatan pasien, sementara robotika medis dan metaverse memberikan solusi inovatif dalam operasi dan pelatihan medis. Meskipun menghadapi tantangan etika, regulasi, dan adopsi teknologi, penerapan ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan hasil pasien, efisiensi operasional, dan sistem kesehatan yang lebih terhubung dan responsif.

Studi ini juga mengakui peran transformasi digital 5.0 dalam mendukung tujuan kesehatan berkelanjutan dan pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs). Pengembangan sistem e-Health, termasuk telemedicine, mHealth, dan rekam medis elektronik, telah memperluas akses kesehatan, meningkatkan efisiensi layanan, dan mengurangi ketimpangan kesehatan, terutama di daerah terpencil. Meskipun demikian, tantangan seperti kesenjangan digital dan keterbatasan infrastruktur masih harus diatasi. Pemanfaatan ICT juga memungkinkan pemantauan kesehatan berbasis data secara real-time, yang mempercepat pengambilan keputusan dan mendukung respons cepat terhadap krisis kesehatan. Selain itu, digitalisasi layanan kesehatan mengurangi beban lingkungan dan administratif melalui pengurangan penggunaan kertas dan energi. Dalam upaya harmonisasi teknologi maju untuk sistem kesehatan berkelanjutan di Indonesia, kolaborasi strategis antara pemerintah, industri teknologi, akademisi, dan institusi kesehatan sebagai aktor utama sangat penting untuk mendorong transformasi digital dalam pelayanan kesehatan berkelanjutan 5.0.

Secara keseluruhan, integrasi teknologi modern dan kolaborasi multisektor akan menjadi kunci dalam menciptakan sistem kesehatan yang lebih efisien, inklusif, dan berkelanjutan Indonesia. Dengan demikian, pencapaian tujuan kesehatan berkelanjutan

dan SDGs dapat terwujud secara optimal, memberikan manfaat bagi seluruh lapisan masyarakat Indonesia yang berkeadilan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh jajaran manajemen dan karyawan Institut Teknologi Sepuluh November, Indonesia yang telah memberikan izin, kesempatan dan dukungan kepada penulis untuk melakukan kajian literatur sistematis.

REFERENSI

- Olaide K, Simo-Kengne BD, Uwilingiye J. Sustainable Development–Fiscal Federalism Nexus: A “Beyond GDP” Approach. *Sustainability* (Switzerland); 14. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3390/su14106267.
- Kassim ES, Zamzuri NH, Jalil SA, et al. A Social Innovation Model for Sustainable Development: A Case Study of a Malaysian Entrepreneur Cooperative (KOKULAC). *Adm Sci*; 12. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3390/admsci12030103.
- Hák T, Janoušková S, Moldan B. Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecol Indic* 2016; 60: 565–573.
- Mohamad Taghvaei V, Assari Arani A, Nodehi M, et al. Sustainable development goals: transportation, health and public policy. *Review of Economics and Political Science* 2023; 8: 134–161.
- Filho WL, Brandli LL, Salvia AL, et al. COVID-19 and the UN sustainable development goals: Threat to solidarity or an opportunity? *Sustainability* (Switzerland); 12. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.3390/su12135343.
- Nnamuchi O. The Sustainable Development Goals (SDGs) and the Right to Health: Is There a Nexus? *Fla J Int Law*; 32, <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/fjil32&id=157&div=&collection=> (2020, accessed 5 February 2022).
- de Menezes HZ, Borges LC. Bridging Health, Innovation, and Sustainable Development: Achievements and Pitfalls of Vaccination Policies in Brazil. In: *Sustainable Development Goals Series*. Springer, pp. 113–123.
- Denicolai S, Previtali P. Innovation strategy and digital transformation execution in healthcare: The role of the general manager. *Technovation*; 121. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1016/j.technovation.2022.102555.
- Arifiani L, Budiastuti ID, Erika WK. The effect of disruption technology, and the future knowledge management toward service innovation for telecommunication industry 4.0 in Indonesia. *Int J Eng Adv Technol* 2019; 8: 247–257.
- Ray S, Herman N, Sen I. Disruptive transformation fueling gig economies. In: 2021 IEEE Technology and Engineering Management Conference - Europe, TEMSCON-EUR 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1109/TEMSCON-EUR52034.2021.9488630.
- Pratono AH. Innovation strategy beyond the COVID-19 pandemic: the role of trust under disruptive technology. *Foresight*. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1108/FS-05-2021-0105.
- Xiong X. Bring technology home and stay healthy: The role of fourth industrial revolution and technology in improving the efficacy of health care spending. *Technol Forecast Soc Change*; 165. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120556.
- Aoun M, Hasnan N. Health-care technology management: developing the innovation skills through implementing soft TQM among Lebanese hospitals. *Total Quality Management & Business Excellence* 2017; 28: 1–11.
- Alqudah AA, Al-Emran M, Shaalan K. Technology acceptance in healthcare: A systematic review. *Applied Sciences* (Switzerland); 11. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.3390/app112210537.
- Geny M, Andres E, Talha S, et al. Liability of Health Professionals Using Sensors, Telemedicine and Artificial Intelligence for Remote Healthcare. *Sensors*; 24. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.3390/s24113491.
- Al-Nbhany WANA, Zahary AT, Al-Shargabi AA. Blockchain-IoT Healthcare Applications and Trends: A Review. *IEEE Access* 2024; 12: 4178–4212.
- Tanwar S, Parekh K, Evans R. Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications. *Journal of Information Security and Applications*; 50. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1016/j.jisa.2019.102407.
- Tursunbayeva A, Renkema M. Artificial intelligence in health-care: implications for the job design of healthcare professionals. *Asia Pacific Journal of Human Resources* 2023; 61: 845–887.
- Jabr YA, Sandhu J. Limitations of health technology implementation: A commentary on “artificial intelligence, regenerative surgery, robotics? What is realistic for the future of surgery?” *Annals of Medicine and Surgery* 2020; 60: 702–703.
- Gupta V, Gupta C, Swacha J, et al. Prototyping technology adoption among entrepreneurship and innovation libraries for rural health innovations. *Library Hi Tech*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1108/LHT-03-2023-0120.
- Baby D, John L, Pia JC, et al. Role of robotics and artificial intelligence in oral health education. Knowledge, perception and attitude of dentists in India. *J Educ Health Promot* 2023; 12: 384.
- Ramezani M, Takian A, Bakhtiari A, et al. Bibliometric Analysis of Artificial Intelligence Revolutions in Health-related Sustainable Development Goals. *Health Technology Assessment in Action*; 7. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.18502/htaa.v7i4.14654.
- Novillo-Ortiz D, De Fátima Marin H, Saigi-Rubio F. The role of digital health in supporting the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs). *Int J Med Inform* 2018; 114: 106–107.
- Luyckx VA, Al-Aly Z, Bello AK, et al. Sustainable Development Goals relevant to kidney health: an update on progress. *Nat Rev Nephrol* 2021; 17: 15–32.
- Goel RK, Vishnoi S. Strengthening and Sustaining Health-Related Outcomes Through Digital Health Interventions. *Journal of Engineering Science and Technology Review* 2023; 16: 10–17.
- Rahman MS, Safa NT, Sultana S, et al. Role of artificial intelligence-internet of things (AI-IoT) based emerging technologies in the public health response to infectious diseases in Bangladesh. *Parasite Epidemiol Control*; 18. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1016/j.parepi.2022.e00266.
- Cabanillas-Carbonell M, Pérez-Martínez J, A. Yáñez J. 5G Technology in the Digital Transformation of Healthcare, a Systematic Review. *Sustainability* (Switzerland); 15. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/su15043178.
- Balay-odao EM, Omirzakova D, Bolla SR, et al. Health professions students’ perceptions of artificial intelligence and its integration to health professions education and healthcare: a thematic analysis. *AI Soc*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.1007/s00146-024-01957-5.
- Aceto G, Persico V, Pescapé A. Industry 4.0 and Health: Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing for Healthcare 4.0. *J Ind Inf Integr*; 18. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1016/j.jii.2020.100129.
- Carrera-Rivera A, Ochoa W, Larrinaga F, et al. How-to conduct a systematic literature review: A quick guide for computer science research. *MethodsX*; 9. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1016/j.mex.2022.101895.
- Okoli C, Schabram K. A guide to conducting a systematic literature review of information systems research.
- Lame G. Systematic Literature Reviews: An Introduction. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design* 2019; 1: 1633–1642.
- Nightingale A. A guide to systematic literature reviews. *Surgery* (Oxford) 2009; 27: 381–384.
- Chakraborty A, Kar AK. How to Undertake an Impactful Literature Review: Understanding Review Approaches and Guidelines for High-impact Systematic Literature Reviews. *South Asian Journal of Business and Management Cases* 2024; 13: 18–35.
- Mendes E, Wohlin C, Felizardo K, et al. When to update systematic literature reviews in software engineering. *Journal of Systems and Software*; 167. Epub ahead of print 2020. DOI:

- 10.1016/j.jss.2020.110607.
36. Schweizer ML, Nair R. A practical guide to systematic literature reviews and meta-analyses in infection prevention: Planning, challenges, and execution. *Am J Infect Control* 2017; 45: 1292–1294.
37. Pareek A, Lungren MP, Halabi SS. The requirements for performing artificial-intelligence-related research and model development. *Pediatr Radiol* 2022; 52: 2094–2100.
38. Emon MMH, Hassan F, Nahid MH, et al. Predicting Adoption Intention of Artificial Intelligence- A Study on ChatGPT. *AIUB Journal of Science and Engineering* 2023; 22: 189–196.
39. Yi-No Kang E, Chen D-R, Chen Y-Y. Associations between literacy and attitudes toward artificial intelligence–assisted medical consultations: The mediating role of perceived distrust and efficiency of artificial intelligence. *Comput Human Behav*; 139. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1016/j.chb.2022.107529.
40. Levy M, Pauzner M, Rosenblum S, et al. Achieving trust in health-behavior-change artificial intelligence apps (HBC-AIApp) development: A multi-perspective guide. *J Biomed Inform*; 143. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1016/j.jbi.2023.104414.
41. Park J, Oh K, Han K, et al. Patient-centered radiology reports with generative artificial intelligence: adding value to radiology reporting. *Sci Rep*; 14. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-63824-z.
42. Chen Y, Wu Z, Wang P, et al. Radiology Residents' Perceptions of Artificial Intelligence: Nationwide Cross-Sectional Survey Study. *J Med Internet Res*; 25. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.2196/48249.
43. Doria AS. Applications of artificial intelligence in clinical management, research, and health administration: imaging perspectives with a focus on hemophilia. *Expert Rev Hematol* 2023; 16: 391–405.
44. Lu Y. The Influence of Public Mental Health Based on Artificial Intelligence Technology on the Teaching Effect of Business Administration Major. *J Environ Public Health*; 2022. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1155/2022/5353889.
45. Rodriguez R V, Sinha S, Tripathi S. Impact of Artificial Intelligence on the health protection scheme in India. *Public Administration and Policy* 2020; 23: 273–281.
46. Setiawan R, Iskandar R, Madjid N, et al. Artificial Intelligence-Based Chatbot to Support Public Health Services in Indonesia. *International Journal of Interactive Mobile Technologies* 2023; 17: 36–47.
47. Tajuddin NW, Wardhana YW, Indrati R. Pemanfaatan Kecerdasan Buatan (AI) Pada MRI. *Jurnal Sudut Pandang* 2024; 4: 29–37.
48. Hamid ARAH. Cutting-edge technology application for prostate disease management in Indonesia: implementation of Healthcare 5.0 towards Indonesia's Golden Vision 2045. *Medical Journal of Indonesia* 2024; 33: 63–69.
49. Lowe R. Networked and integrated sustainable urban technologies in internet of things-enabled smart city governance. *Geopolitics, History, and International Relations* 2021; 13: 75–85.
50. Wu F, Wu T, Yuce MR. An internet-of-things (IoT) network system for connected safety and health monitoring applications. *Sensors (Switzerland)*; 19. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.3390/s19010021.
51. Bi S, Wang C, Zhang J, et al. A Survey on Artificial Intelligence Aided Internet-of-Things Technologies in Emerging Smart Libraries. *Sensors*; 22. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3390/s22082991.
52. Mulligan K. Computationally networked urbanism and advanced sustainability analytics in internet of things-enabled smart city governance. *Geopolitics, History, and International Relations* 2021; 13: 121–134.
53. Lee HY, Lee KH, Lee KH, et al. Internet of medical things-based real-time digital health service for precision medicine: Empirical studies using MEDBIZ platform. *Digit Health*; 9. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1177/20552076221149659.
54. Qin L, Xie Y. Real-Time Monitoring System of Exercise Status Based on Internet of Health Things Using Safety Architecture Model. *IEEE Access* 2021; 9: 27333–27345.
55. Ru L, Zhang B, Duan J, et al. A Detailed Research on Human Health Monitoring System Based on Internet of Things. *Wirel Commun Mob Comput*; 2021. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1155/2021/5592454.
56. Feng R, Chang N. Internet of Things System of Spatial Structure Sports Events Health Monitoring Based on Cloud Computing. *Security and Communication Networks*; 2022. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1155/2022/1354640.
57. Bai B, Nazir S, Bai Y, et al. Security and provenance for Internet of Health Things: A systematic literature review. *Journal of Software: Evolution and Process*; 33. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1002/smr.2335.
58. Chen Z. Design and Analysis of Adolescent Physical Health Monitoring System under the Background of Internet of Things and 5G. *J Healthc Eng*; 2021. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1155/2021/5208976.
59. Harold Robinson Y, Arogya Presskila X, Samraj Lawrence T. Utilization of Internet of Things in Health Care Information System. In: *Intelligent Systems Reference Library*, pp. 35–46.
60. Thabit AA, Mahmoud MS, Alkhayyat A, et al. Energy harvesting Internet of Things health-based paradigm: Towards outage probability reduction through inter-wireless body area network cooperation. *Int J Distrib Sens Netw*; 15. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.1177/1550147719879870.
61. Hussain S, Ullah SS, Shorfuazzaman M, et al. Cryptanalysis of an online/offline certificateless signature scheme for internet of health things. *Intelligent Automation and Soft Computing* 2021; 30: 983–993.
62. Omotosho A, Ayemlo Haruna B, Mikail Olaniyi O. Threat modeling of Internet of Things health devices. *Journal of Applied Security Research*. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.1080/19361610.2019.1545278.
63. Junaidi W. Value Chain Analysis to Identify Internet of Things Use Cases in The Indonesian Pharmaceutical Industry. *Business Economic, Communication, and Social Sciences Journal (BECOSS)* 2022; 4: 157–163.
64. Rahman MS, Chamikara MAP, Khalil I, et al. Blockchain-of-blockchains: An interoperable blockchain platform for ensuring IoT data integrity in smart city. *J Ind Inf Integr*; 30. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1016/j.jii.2022.100408.
65. Martinez V, Zhao M, Blujdea C, et al. Blockchain-driven customer order management. *International Journal of Operations and Production Management* 2019; 39: 993–1022.
66. Vangala A, Sutrala AK, Das AK, et al. Smart Contract-Based Blockchain-Envisioned Authentication Scheme for Smart Farming. *IEEE Internet Things J* 2021; 8: 10792–10806.
67. Nicolai B, Tallarico S, Pellegrini L, et al. Blockchain for electronic medical record: assessing stakeholders' readiness for successful blockchain adoption in health-care. *Measuring Business Excellence* 2023; 27: 157–171.
68. Jung DH. Enhancing Competitive Capabilities of Healthcare SCM through the Blockchain: Big Data Business Model's Viewpoint. *Sustainability (Switzerland)*; 14. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3390/su14084815.
69. Huang X, Yang S, Wang J, et al. The influencing mechanism of big data analytics technology capability on enterprise's operational performance: The mediating role of data-tool fit. *Front Psychol*; 13. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.948764.
70. Saeed M, Adiguzel Z, Shafique I, et al. Big data analytics-enabled dynamic capabilities and firm performance: examining the roles of marketing ambidexterity and environmental dynamism. *Business Process Management Journal* 2023; 29: 1204–1226.
71. Rashid A, Baloch N, Rasheed R, et al. Big data analytics-artificial intelligence and sustainable performance through green supply chain practices in manufacturing firms of a developing country. *Journal of Science and Technology Policy Management*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.1108/JSTPM-04-2023-0050.
72. Khanra S, Dhir A, Islam N, et al. Big data analytics in healthcare: a systematic literature review. *Enterp Inf Syst* 2020; 14: 878–912.
73. Al Teneji AS, Abu Salim TY, Riaz Z. Factors impacting the adoption of big data in healthcare: A systematic literature review. *Int J Med Inform*; 187. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2024.105460.
74. Abidi SSR, Abidi SR. Intelligent health data analytics: A convergence of artificial intelligence and big data. *Healthc Manage Forum* 2019; 32: 178–182.
75. Fahlevi H, Irsyadillah I, Indriani M, et al. DRG-based payment

- system and management accounting changes in an Indonesian public hospital: exploring potential roles of big data analytics. *Journal of Accounting & Organizational Change* 2022; 18: 325–345.
76. Khalid O, Hao G, MacDonald H, et al. Cost-benefit assessment framework for robotics-driven inspection of floating offshore wind farms. *Wind Energy* 2024; 27: 152–164.
77. Specchia ML, Arcuri G, Di Pilla A, et al. The value of surgical admissions for malignant uterine cancer. A comparative analysis of robotic, laparoscopic, and laparotomy surgery in a university hospital. *Front Public Health*; 10. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3389/fpubh.2022.920578.
78. Jiang W, Zhao X, Gan T, et al. Application of a Tele-Ultrasound Robot During <sc>COVID</sc> -19 Pandemic. *Journal of Ultrasound in Medicine* 2023; 42: 595–601.
79. Duan B, Xiong L, Guan X, et al. Tele-operated robotic ultrasound system for medical diagnosis. *Biomed Signal Process Control* 2021; 70: 102900.
80. Xia S-B, Lu Q-S. Development status of telesurgery robotic system. *Chinese Journal of Traumatology - English Edition* 2021; 24: 144–147.
81. Oki E, Ota M, Nakanoko T, et al. Telesurgery and telesurgical support using a double-surgeon cockpit system allowing manipulation from two locations. *Surg Endosc* 2023; 37: 6071–6078.
82. Malik MH, Brinjikji W. Feasibility of telesurgery in the modern era. *Neuroradiology Journal* 2022; 35: 423–426.
83. Barba P, Stramiello J, Funk EK, et al. Remote telesurgery in humans: a systematic review. *Surg Endosc* 2022; 36: 2771–2777.
84. Li C, Zheng J, Zhang X, et al. Telemedicine network latency management system in 5G telesurgery: a feasibility and effectiveness study. *Surg Endosc*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1007/s00464-023-10585-x.
85. Lee U-K, Kim H. UTAUT in Metaverse: An “Ifland” Case. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research* 2022; 17: 613–635.
86. Almessabi H, Al-kfairy M. Unlocking the Future of Farming: A Review of Metaverse Integration in Agriculture. *IEEE Engineering Management Review* 2024; 1–13.
87. Huang S, Luo H, Zheng P, et al. Towards Industrial Metaverse: Opportunities and challenges. *Journal of Advanced Manufacturing Science and Technology*; 3. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.51393/j.jamst.2023011.
88. Tretter M, Samhammer D, Ott T, et al. Towards an Ethics for the Healthcare Metaverse. *Journal of Metaverse* 2023; 3: 181–189.
89. Bashir AK, Victor N, Bhattacharya S, et al. Federated Learning for the Healthcare Metaverse: Concepts, Applications, Challenges, and Future Directions. *IEEE Internet Things J* 2023; 10: 21873–21891.
90. Lee CW. Application of Metaverse Service to Healthcare Industry: A Strategic Perspective. *Int J Environ Res Public Health*; 19. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3390/ijerph192013038.
91. Ford TJ, Buchanan DM, Azeez A, et al. Taking modern psychiatry into the metaverse: Integrating augmented, virtual, and mixed reality technologies into psychiatric care. *Front Digit Health*; 5. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3389/fdgth.2023.1146806.
92. Ghani MM, Osman MN, Omar SZ, et al. A Review of Current Metaverse Applications as a Tool for Reshaping Human Behaviour in Health Communication. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology* 2024; 36: 188–198.
93. Leung L, Chen C. E-health/m-health adoption and lifestyle improvements: Exploring the roles of technology readiness, the expectation-confirmation model, and health-related information activities. *Telecomm Policy* 2019; 43: 563–575.
94. Oumaima H, Aziz S. DIGITAL HEALTH SYSTEM AND E-HEALTH IN THE FOLLOWING COUNTRIES: UNITED KINGDOM, NORWAY, SWEDEN, DENMARK, GERMANY AND UNITED STATES. *J Theor Appl Inf Technol* 2024; 101: 167–176.
95. Maguire TK, Yoon S, Chen J. Collaborating for COVID-19: Hospital Health Information Exchange and Public Health Partnership. *Telemedicine and e-Health* 2024; 30: 108–117.
96. Stephanie V, Khalil I, Atiquzzaman M. Digital Twin Enabled Asynchronous SplitFed Learning in E-Healthcare Systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 2023; 41: 3650–3661.
97. Aydin G, Kumru S. Paving the way for increased e-health record use: elaborating intentions of Gen-Z. *Health Systems* 2023; 12: 281–298.
98. Megawati S, Epriliantor DF, Mahdiannur MA, et al. Evaluation of Patient Data Protection in the Implementation of the E-Health Program in the City of Surabaya. *Journal La Sociale* 2023; 4: 20–25.
99. Niedfeldt HJ, Beckstead E, Chahal E, et al. Use of technology to access health information/services and subsequent association with wash (water access, sanitation, and hygiene) knowledge and behaviors among women with children under 2 years of age in Indonesia: Cross-sectional study. *JMIR Public Health Surveill*; 7. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.2196/19349.
100. Ukachi NB, Anasi SNI. Information and communication technologies and access to maternal and child health information: Implications for sustainable development. *Information Development* 2019; 35: 524–534.
101. Liljamo P, Wahlberg J, Mikkonen H, et al. A Digital Care Pathway to Access Healthcare without Time and Place Restrictions. In: *Studies in Health Technology and Informatics*, pp. 163–165.
102. Anjum HF, Rasid SZA, Khalid H, et al. Mapping research trends of blockchain technology in healthcare. *IEEE Access* 2020; 8: 174244–174254.
103. Lebre A, Minssen T. Digital health, artificial intelligence and accessibility to health care in Denmark. *Eur Hum Rights Law Rev* 2021; 2021: 39–49.
104. Nugroho AP, Handayani S, Effendi DE. Health Citizenship and Healthcare Access in Indonesia, 1945-2020. *Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik* 2021; 24: 284–301.
105. Thayanathan V. Healthcare management using ICT and IoT based 5G. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 2019; 10: 305–312.
106. Siriwardhana Y, Gür G, Ylianttila M, et al. The role of 5G for digital healthcare against COVID-19 pandemic: Opportunities and challenges. *ICT Express* 2021; 7: 244–252.
107. Zahid A, Poulsen JK, Sharma R, et al. A systematic review of emerging information technologies for sustainable data-centric health-care. *Int J Med Inform*; 149. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2021.104420.
108. Abidi MH, Umer U, Mian SH, et al. Big Data-Based Smart Health Monitoring System: Using Deep Ensemble Learning. *IEEE Access* 2023; 11: 114880–114903.
109. Abbas A, Alrobaea R, Krichen M, et al. Blockchain-assisted secured data management framework for health information analysis based on Internet of Medical Things. *Pers Ubiquitous Comput* 2024; 28: 59–72.
110. Senkaiahliyan S, Petch J, Sekercioglu N, et al. A Primer on Artificial Intelligence for Healthcare Administrators. *Healthc Q* 2024; 27: 26–33.
111. Kjekshus LE, Bygstad B. Competing institutional logics in healthcare organizations: theorising digitalism. *J Health Organ Manag*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.1108/JHOM-03-2024-0107.
112. Geissler A, Hollenbach J, Haring M, et al. A nationwide digital maturity assessment of hospitals – Results from the German DigitalRadar. *Health Policy Technol*; 13. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.1016/j.hlpt.2024.100904.
113. Kanwel S, Ma Z, Li M, et al. The influence of hospital services on patient satisfaction in OPDs: evidence from the transition to a digital system in South Punjab, Pakistan. *Health Res Policy Syst*; 22. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.1186/s12961-024-01178-8.
114. Chen T-H, Ma C-C, Chiang L-L, et al. ACCEPTANCE OF SUSTAINED UTILIZATION BEHAVIOR OF TELEMEDICINE IN THE POST-COVID-19 ERA. *Appl Ecol Environ Res* 2022; 20: 4633–4644.

Copyright © 2025 Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan (The Indonesian Journal of Health Service Management). The articles are distributed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license. JMPK is published by the Department of Health Policy and Management at Universitas Gadjah Mada.