

# Penerapan *IoT* dalam Sistem *Monitoring* Kesehatan: Inovasi dan Implementasi

*Implementation of IoT in Health Monitoring Systems: Innovation and Implementation.*

Irfan Wahyu Ramadhan<sup>1</sup>, Firdaus<sup>2</sup>, Sisdarmanto Adinandra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Magister Teknik Rekayasa Elektro, Fakultas Teknik Industri,  
Universitas Islam Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>23925002@students.uui.ac.id, <sup>2</sup>firdaus@uui.ac.id, <sup>3</sup>s.adinandra@uui.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini mengkaji penerapan *Internet of Things (IoT)* dalam sistem *monitoring* kesehatan melalui tinjauan literatur yang mendalam. Inovasi dalam perangkat *wearable*, *platform cloud*, dan algoritma analitik memungkinkan pengumpulan data fisiologis secara *real-time*, pemantauan jarak jauh, dan deteksi dini anomali kesehatan. Implementasi teknologi ini telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, seperti akurasi tinggi dalam pengukuran parameter kesehatan, efektivitas dalam mendeteksi kondisi kritis, dan peningkatan akses terhadap perawatan kesehatan untuk populasi yang kurang terlayani. Namun, adopsi sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* menghadapi beberapa tantangan, termasuk keamanan data, interoperabilitas, dan validasi klinis. Untuk memaksimalkan potensi teknologi ini, penelitian masa depan perlu difokuskan pada penguatan keamanan dan privasi data pasien. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi seperti *Artificial Intelligence (AI)*, *Machine Learning (ML)*, dan integrasi *Electronic Health Records (EHR)*, sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* dapat mencapai potensi penuh mereka dalam mentransformasi perawatan kesehatan dan memberdayakan individu untuk mengambil peran proaktif dalam mengelola kesehatan.

Kata kunci: Catatan Kesehatan Elektronik, *Internet of Things*, Kecerdasan Buatan, Pembelajaran Mesin, Sistem Pemantauan Kesehatan.

## Abstract

*This study examines the application of the Internet of Things (IoT) in health monitoring systems through an in-depth literature review. Innovations in wearable devices, cloud platforms, and analytical algorithms enable real-time physiological data collection, remote monitoring, and early detection of health anomalies. Implementation of these technologies has shown promising results, such as high accuracy in measuring health parameters, effectiveness in detecting critical conditions, and increased access to healthcare for underserved populations. However, the adoption of IoT-based health monitoring systems faces several challenges, including data security, interoperability, and clinical validation. To maximize the potential of this technology, future research needs to focus on strengthening the security and privacy of patient data. By leveraging technological advancements such as Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), and Electronic Health Records (EHR) integration, IoT-based health monitoring systems can reach their full potential in transforming healthcare and empowering individuals to take proactive roles in managing their health.*

Keywords: *Electronic Health Records, Internet of Things, Artificial Intelligence, Machine Learning Health Monitoring Systems.*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membuka peluang baru dalam berbagai bidang, salah satu inovasi terpenting dalam dekade terakhir adalah *Internet of Things (IoT)*, yang memungkinkan perangkat terhubung untuk saling bertukar data dan berkomunikasi secara otomatis [1]. Karena aplikasinya yang luas di berbagai bidang seperti kesehatan, pertanian, olahraga, dan keamanan, jumlah perangkat yang terhubung ke internet meningkat dengan cepat [2], [3]. Jumlah perangkat *IoT* di seluruh dunia diperkirakan akan meningkat hingga hampir mendekati 30 miliar pada tahun 2030 [4]. Dalam konteks kesehatan, *IoT* menawarkan potensi besar untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi layanan kesehatan melalui sistem *monitoring* kesehatan yang cerdas dan terhubung [5], [6], [7].

Sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* memungkinkan pemantauan kondisi pasien secara *real-time* dan terus-menerus, tanpa memerlukan interaksi langsung yang intensif dari tenaga medis [8], [9], [10]. Teknologi ini menggunakan berbagai sensor untuk mengumpulkan data fisiologis seperti detak jantung, suhu tubuh, tekanan darah, kadar oksigen dalam darah, dan parameter vital lainnya. Data yang dikumpulkan kemudian dikirimkan ke *cloud* atau *server* lokal untuk dianalisis dan diakses lebih lanjut oleh tenaga medis, memungkinkan mereka untuk memantau kondisi pasien dari jarak jauh dan mengambil tindakan yang diperlukan secara cepat dan tepat [11], [12], [13].

Beberapa penelitian telah menunjukkan keberhasilan dan efektivitas penerapan *IoT* dalam sistem *monitoring* kesehatan. Misalnya, penggunaan perangkat *wearable* seperti jam tangan pintar yang dilengkapi dengan sensor oksigen dan detak jantung telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam hal akurasi dan jangkauan komunikasi [5], [14]. Sistem seperti *WISE (Wearable IoT-cloud-based Health Monitoring System)* memungkinkan pengiriman data kesehatan secara *real-time* ke *cloud*, sehingga informasi kesehatan pasien dapat diakses kapan saja dan di mana saja oleh tenaga medis [8], [15]. Implementasi sistem pemantauan kesehatan berbasis *IoT* di daerah pedesaan juga telah membantu dalam diagnosis dan perawatan awal penyakit seperti COVID-19, dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah dalam pengukuran parameter vital [9], [12], [16]. Penggunaan algoritma *machine learning* dan *deep learning* dalam analisis data kesehatan juga telah meningkatkan akurasi dan robustitas sistem pemantauan kesehatan manusia [6], [17].

Keamanan data adalah aspek krusial dalam penerapan *IoT* dalam kesehatan. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknik enkripsi dan autentikasi yang canggih dapat melindungi data pasien dari ancaman keamanan siber, memastikan privasi dan integritas informasi kesehatan [18], [19]. Sistem berbasis *fog computing* juga telah diusulkan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan data dan mengurangi risiko kegagalan pusat data [20], [19]. Dalam makalah ini, kami akan mengkaji berbagai inovasi dan implementasi sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* yang telah dikembangkan. Kami akan membahas masalah yang dihadapi, solusi yang diusulkan, serta hasil yang dicapai dalam berbagai penelitian untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kemajuan terbaru dan tantangan yang dihadapi dalam penerapan *IoT* dalam sistem *monitoring* kesehatan. Studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pengembangan lebih lanjut dan adopsi teknologi *IoT* dalam bidang kesehatan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan sebuah tinjauan literatur yang bertujuan untuk menganalisis inovasi dan implementasi *Internet of Things (IoT)* dalam sistem *monitoring* kesehatan [6]. Metode penelitian yang digunakan dalam tinjauan literatur ini mencakup langkah-langkah tinjauan literatur yang terstruktur, metode ini memungkinkan kami untuk memahami secara komprehensif konsep dasar, perkembangan terbaru, keuntungan, tantangan, dan implementasi praktis dari teknologi ini dalam konteks kesehatan.

### 2.1 Identifikasi Sumber Data

Sumber data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah jurnal ilmiah, artikel konferensi, buku, dan dokumen resmi terkait dengan penerapan *IoT* dalam sistem *monitoring* kesehatan. Pengumpulan data dilakukan melalui pencarian daring menggunakan basis data akademik seperti PubMed, IEEE Xplore, ScienceDirect, dan Google Scholar. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan seperti "*IoT in healthcare monitoring*", "*healthcare sensors*", "*wearable devices in healthcare*", dan sejenisnya.

### 2.2 Seleksi Kriteria

Seleksi artikel dilakukan berdasarkan kriteria inklusi yang telah ditetapkan, yaitu artikel yang membahas tentang implementasi *IoT* dalam *monitoring* kesehatan, inovasi teknologi terbaru dalam sensor kesehatan, platform cloud untuk analisis data kesehatan, serta tantangan dan solusi dalam penerapan *IoT* dalam kesehatan. Artikel yang tidak relevan, tidak terkait dengan *IoT* dalam kesehatan, atau memiliki kualitas yang rendah dikecualikan dari analisis.

### 2.3 Analisis Data

Data yang diperoleh dari literatur direview secara sistematis untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang berkaitan dengan penerapan *IoT* dalam sistem *monitoring* kesehatan. Tema-tema ini meliputi konsep dasar *IoT* dalam kesehatan, komponen utama *IoT* dalam *monitoring* kesehatan, implementasi *IoT* dalam kesehatan di rumah sakit dan di rumah pasien, keuntungan penggunaan *IoT* dalam *monitoring* kesehatan, tantangan dalam implementasi *IoT* dalam kesehatan, dan perkembangan teknologi *IoT* dalam kesehatan.

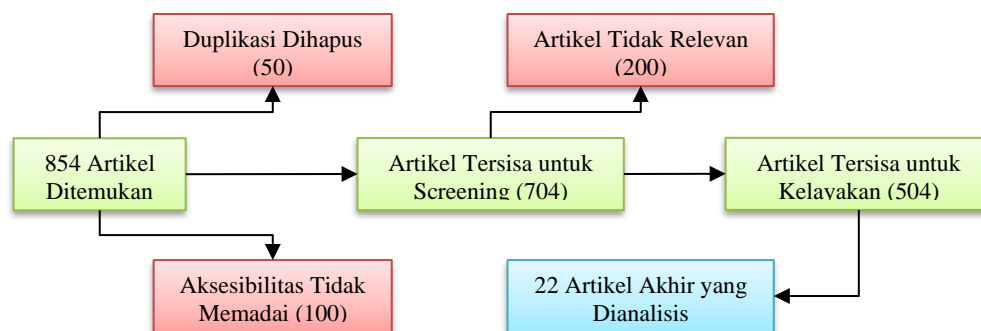
### 2.4 Sintesis Temuan

Temuan dari analisis literatur disintesis untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif tentang inovasi dan implementasi *IoT* dalam sistem *monitoring* kesehatan. Sintesis ini mencakup pemahaman tentang bagaimana *IoT* digunakan dalam pemantauan kesehatan, manfaat yang ditawarkan, tantangan yang dihadapi, serta perkembangan teknologi terbaru dalam bidang ini.

### 2.5 Penulisan Jurnal Literatur Review

Berdasarkan hasil analisis dan sintesis temuan, jurnal literaturE review disusun dengan memperhatikan struktur yang jelas, termasuk pendahuluan yang memberikan latar belakang tentang *IoT* dalam kesehatan, tinjauan pustaka yang menguraikan konsep dasar, komponen utama, implementasi, keuntungan, tantangan, dan perkembangan teknologi *IoT* dalam kesehatan, serta kesimpulan yang menyajikan rangkuman temuan dan implikasi praktis. Menjelaskan kronologis penelitian termasuk cara menyiapkan bahan penelitian, rancangan atau desain penelitian, prosedur penelitian (dalam bentuk algoritma, *pseudocode* atau lainnya), cara pengujian dan pengambilan data. Pada bagian ini boleh juga diberikan dasar teori.

### 2.6 Proses Seleksi Literatur dengan Metode PRISMA



Gambar 1 Proses Seleksi Literatur dengan Metode PRISMA

Proses seleksi literatur dalam penelitian ini mengikuti metode *PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)* untuk memastikan bahwa artikel yang dianalisis relevan dan berkualitas tinggi. Metode *PRISMA* mencakup serangkaian langkah sistematis untuk mengidentifikasi, menyaring, dan memilih artikel yang memenuhi kriteria penelitian. Proses ini dimulai dengan identifikasi awal, di mana dari total 854 artikel yang ditemukan melalui pencarian database akademik, dilakukan penyaringan untuk menghapus artikel yang diduplikasi dan tidak dapat diakses. Pada tahap penyaringan, 150 artikel yang tidak memenuhi kriteria dasar aksesibilitas dan relevansi dihapus, menyisakan 704 artikel untuk evaluasi lebih lanjut. Selanjutnya, pada tahap kelayakan, 200 artikel dihapus karena tidak sesuai dengan topik penelitian terkait penerapan *IoT* dalam sistem pemantauan kesehatan, inovasi teknologi sensor kesehatan, serta tantangan dan solusi dalam penerapan *IoT*. Dengan demikian, 504 artikel tersisa untuk penilaian mendalam.

Akhirnya, pada tahap inklusi, 482 artikel dihapus karena tidak memenuhi kriteria relevansi dan kualitas yang telah ditetapkan, meninggalkan 22 artikel yang dipilih untuk analisis mendalam. Artikel-artikel ini diakui sebagai kontribusi signifikan dalam membahas fokus utama tinjauan literatur, yang meliputi penerapan *IoT* dalam sistem pemantauan kesehatan, pemantauan kesehatan *real-time* dengan perangkat *wearable*, revolusi pemantauan jarak jauh, keandalan dan akurasi sistem *IoT* dalam deteksi dini masalah kesehatan, serta tantangan keamanan, privasi, dan standarisasi dalam penerapan *IoT* untuk pemantauan kesehatan. Artikel-artikel yang terpilih dalam tinjauan literatur ini memberikan kontribusi signifikan dalam beberapa area utama terkait penerapan *IoT* dalam sistem pemantauan kesehatan. Pertama, dalam hal penerapan *IoT* dalam sistem pemantauan kesehatan, artikel-artikel ini mengeksplorasi bagaimana teknologi *IoT* diintegrasikan ke dalam sistem pemantauan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas. Analisis yang dilakukan mencakup studi kasus dan penerapan praktis, serta evaluasi terhadap berbagai model sistem pemantauan berbasis *IoT*, menyoroti manfaat dan tantangan yang terkait.

Selanjutnya, artikel-artikel yang membahas pemantauan kesehatan *real-time* dengan perangkat *wearable* berfokus pada penggunaan perangkat *wearable* yang dilengkapi dengan sensor *IoT* untuk memantau kesehatan secara *real-time*. Penelitian dalam area ini melibatkan evaluasi efektivitas perangkat *wearable* dalam pemantauan kesehatan, serta analisis tentang bagaimana data *real-time* dapat dimanfaatkan untuk manajemen kesehatan yang lebih baik dan deteksi awal penyakit. Dalam konteks revolusi pemantauan jarak jauh, artikel-artikel tersebut membahas bagaimana *IoT* memungkinkan pemantauan kesehatan dari jarak jauh, memungkinkan pasien untuk mendapatkan perawatan tanpa harus hadir secara fisik di fasilitas kesehatan. Teknologi *telemedicine* dan *platform* berbasis *cloud* yang menghubungkan pasien dengan penyedia layanan kesehatan adalah fokus utama di sini. Analisis dalam penelitian ini menilai dampak dari pemantauan jarak jauh terhadap aksesibilitas layanan kesehatan dan kualitas perawatan yang diterima oleh pasien, serta keuntungan dan tantangan yang terkait.

Artikel-artikel lainnya juga membahas keandalan dan akurasi sistem *IoT* dalam deteksi dini masalah kesehatan. Penelitian ini mengevaluasi seberapa andal dan akurat sistem *IoT* dalam mendeteksi masalah kesehatan pada tahap awal, termasuk analisis sensitivitas dan spesifisitas sensor serta algoritma analitik yang digunakan. Kajian ini mencakup studi tentang kegagalan dan kesalahan deteksi serta solusi yang diusulkan untuk meningkatkan akurasi sistem *IoT*. Terakhir, artikel-artikel yang mengangkat tantangan keamanan, privasi, dan standarisasi dalam penerapan *IoT* untuk pemantauan kesehatan menyoroti isu-isu terkait keamanan data, privasi pengguna, dan standarisasi teknologi. Ini mencakup perlindungan data pribadi, risiko peretasan, dan kebutuhan akan standar industri yang konsisten. Analisis mencakup kebijakan keamanan, solusi teknologi untuk melindungi data, serta rekomendasi untuk praktik terbaik dan standar yang diperlukan untuk adopsi *IoT* yang aman dan efektif dalam konteks kesehatan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan *IoT* dalam pemantauan kesehatan telah mengalami kemajuan pesat dengan potensi signifikan untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan. Tinjauan literatur ini menyoroti berbagai sistem dan solusi inovatif yang memanfaatkan kemajuan teknologi *IoT* untuk memberikan pemantauan kesehatan yang efektif. Penerapan *Internet of Things (IoT)* dalam sistem *monitoring* kesehatan menghadirkan era baru dalam perawatan kesehatan, menjanjikan pemantauan yang lebih proaktif, diagnosis dini, dan intervensi yang tepat waktu. Kajian literatur ini mengungkap gelombang inovasi yang didorong oleh *IoT*, mulai dari perangkat *wearable* yang mengumpulkan data fisiologis secara *real-time* hingga sistem pemantauan jarak jauh yang menghubungkan pasien dan profesional medis tanpa batasan geografis. Studi menunjukkan bahwa jam tangan pintar dengan platform sensor nirkabel [5] dan sistem berbasis sensor *wearable* [8], [7], [23], [25] secara efektif menangkap parameter vital seperti detak jantung, saturasi oksigen, dan tingkat aktivitas, membuka jalan pemantauan kesehatan yang komprehensif berkelanjutan.

Kemampuan *IoT* untuk mengirimkan data kesehatan ke platform berbasis cloud [8], [9], [11], [12], [10], [13], [26], [19], [23], [27] telah merevolusi pemantauan jarak jauh, memberdayakan individu di daerah terpencil, lansia, dan mereka yang memiliki kondisi kronis untuk menerima perawatan yang berkualitas. Lebih jauh lagi, sistem *IoT* dapat menganalisis data secara *real-time* untuk mengidentifikasi anomali dan memberikan peringatan dini [6], [9], [11], [12], [10], [22], [23], [27], yang memungkinkan intervensi tepat waktu dan mencegah memburuknya kondisi kesehatan. Implementasi sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Studi melaporkan akurasi yang tinggi dalam mengukur parameter kesehatan vital [9], menunjukkan keandalan mereka dalam skenario dunia nyata. Keefektifan sistem ini terlihat dalam kemampuannya untuk mendeteksi kondisi kritis, seperti potensi serangan jantung [22], dan bahkan membantu melacak dan memantau kesehatan tentara di medan perang [28].

Meskipun potensinya besar, penerapan sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* menghadapi beberapa tantangan. Keamanan dan privasi data pasien merupakan perhatian utama, yang mendorong penelitian tentang solusi enkripsi yang kuat, protokol autentikasi, dan teknologi blockchain [18], [19]. Selain itu, kurangnya standarisasi dalam ekosistem *IoT* menimbulkan hambatan interoperabilitas, yang menghambat komunikasi yang lancar antara perangkat dan sistem. Meningkatkan akurasi sensor dan algoritma sangat penting untuk pengambilan keputusan klinis yang efektif, dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan keandalan dan efektivitas dalam pengaturan klinis yang berbeda.

Masa depan sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* menjanjikan kemajuan yang didorong oleh teknologi yang terus mengubah lanskap perawatan kesehatan. Integrasi *Artificial Intelligenc (AI)* dan *machine learning (ML)* [6], [18], [21], [28] memiliki potensi untuk membuka wawasan yang dipersonalisasi dari data kesehatan, memungkinkan prediksi yang akurat dan diagnosis yang lebih awal. Perangkat seluler akan terus memainkan peran penting sebagai antarmuka yang mudah diakses untuk sistem *monitoring* kesehatan, meningkatkan keterlibatan pasien dan memberdayakan individu untuk secara proaktif mengelola kesehatan mereka.

#### 3.1 Penerapan *IoT* dalam Sistem Pemantauan Kesehatan: Tinjauan Aplikasi dan Manfaat

Tabel 1. Literature terkait Tinjauan Aplikasi dan Manfaat

Ref	Kontribusi Utama	Temuan Utama
[1]	<i>Framework</i> multi-sensor untuk BSN	Penggabungan data meningkatkan akurasi pemantauan kesehatan
[7]	Tinjauan <i>IoT</i> berbasis manusia	<i>IoT</i> meningkatkan aksesibilitas layanan kesehatan
[9]	Sistem pemantauan kesehatan pintar	<i>IoT</i> memungkinkan pemantauan kesehatan <i>real-time</i>
[13]	Pemantauan kesehatan berbasis <i>IoT</i>	Memungkinkan intervensi dini masalah kesehatan
[16]	Sistem pemantauan kesehatan berbasis <i>IoT</i>	<i>IoT</i> memfasilitasi pemantauan jarak jauh
[22]	Sistem <i>IoT</i> untuk kepatuhan obat pasien	<i>IoT</i> meningkatkan kepatuhan pengobatan pasien

Penerapan *IoT* dalam sistem pemantauan kesehatan telah menunjukkan perkembangan yang signifikan dalam meningkatkan kualitas layanan kesehatan melalui teknologi. Dari berbagai literatur yang ditinjau, kontribusi utama *IoT* tampak pada kemampuan untuk menggabungkan berbagai data sensor yang meningkatkan akurasi pemantauan kesehatan. Sebagai contoh, sistem pemantauan berbasis *IoT* memungkinkan pengukuran parameter vital seperti detak jantung, suhu tubuh, dan saturasi oksigen secara *real-time*.

Dalam salah satu penelitian, jangkauan komunikasi perangkat *IoT* mencapai sekitar 31 meter, yang empat kali lebih besar dibandingkan perangkat *Fitbit Charge 3 BLE*, dengan akurasi klinis yang menunjukkan potensi untuk pemantauan kesehatan yang efektif [5]. Platform multi-sensor yang digunakan dalam perangkat *wearable*, seperti *framework* multi-sensor untuk *BSN*, menunjukkan efektivitas *IoT* dalam pengelolaan kesehatan yang lebih proaktif [1].

Selain itu, *IoT* memfasilitasi aksesibilitas layanan kesehatan di daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh fasilitas kesehatan konvensional, memungkinkan pemantauan kesehatan yang lebih terintegrasi dan luas [7]. Secara keseluruhan, *IoT* menawarkan solusi yang signifikan dalam memperkuat sistem kesehatan melalui pemantauan yang lebih akurat, responsif, dan dapat diakses oleh lebih banyak orang.

### 3.2 Pemantauan Kesehatan Real-Time dengan Perangkat Wearable

Tabel 2. Literature terkait Perangkat Wearable

Ref	Kontribusi Utama	Temuan Utama
[2]	Tinjauan jaringan sensor nirkabel untuk kesehatan	Jaringan sensor nirkabel meningkatkan fleksibilitas pemantauan kesehatan
[5]	Platform sensor <i>wearable</i> berbasis jam tangan	<i>IoT</i> memfasilitasi pemantauan kesehatan yang lebih mudah
[10]	Penggabungan data sensor mobile pada aplikasi kesehatan	Meningkatkan ketepatan data kesehatan
[11]	Sistem pemantauan kesehatan pasien berbasis <i>IoT</i>	Pengawasan kesehatan pasien secara <i>real-time</i>
[15]	Sistem kesehatan berbasis konteks kepatuhan obat pasien	Peningkatan kepatuhan obat melalui pemantauan <i>IoT</i>

Pemantauan kesehatan secara *real-time* melalui perangkat *wearable* terus mengalami kemajuan dengan adanya pengembangan platform sensor yang terintegrasi ke dalam perangkat seperti jam tangan. Teknologi ini memungkinkan pasien untuk memantau kondisinya kapan saja dan di mana saja, meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan dalam pemantauan kesehatan. Misalnya, platform sensor nirkabel yang diimplementasikan pada perangkat *wearable* telah menunjukkan jangkauan komunikasi yang lebih luas dan akurasi tinggi, sebagaimana ditunjukkan oleh sistem pemantauan berbasis jam tangan [5].

Akurasi sistem *wearable* ini dalam pengukuran saturasi oksigen dan detak jantung mencapai hingga 95%, yang sebanding dengan perangkat oksimeter komersial [14]. Selain itu, sistem ini juga mendukung penggabungan data dari berbagai sensor yang dipasang di tubuh untuk memberikan pemantauan yang lebih komprehensif [10]. Dengan kemampuan untuk memberikan pengawasan kesehatan pasien secara *real-time*, perangkat *wearable* telah menjadi elemen penting dalam sistem pemantauan kesehatan modern, membantu pasien dan tenaga medis dalam pengelolaan kondisi kesehatan dengan lebih baik [11]. Dalam situasi darurat, sistem pemantauan ini dapat memberikan peringatan otomatis ketika parameter kesehatan melewati batas normal, sehingga memungkinkan tindakan cepat [10].

### 3.3 Revolusi Pemantauan Jarak Jauh: Akses Tanpa Batas untuk Perawatan Kesehatan

Tabel 3. Literature terkait Revolusi Pemantauan Jarak Jauh

Ref	Kontribusi Utama	Temuan Utama
[3]	Arsitektur <i>IoT</i> untuk pemantauan kesehatan darurat	Meningkatkan respons darurat kesehatan
[4]	<i>IoT</i> untuk kesehatan pintar	Mengatasi tantangan teknologi kesehatan melalui <i>IoT</i>

[6]	Sistem jaringan <i>IoT</i> untuk pemantauan keselamatan dan kesehatan	Peningkatan keamanan pasien melalui pemantauan <i>IoT</i>
[12]	Pemantauan pasien jarak jauh berbasis <i>IoT</i>	Pemantauan kesehatan jarak jauh untuk layanan darurat
[17]	Sistem pemantauan kesehatan jarak jauh berbasis sensor tunggal	Pemantauan kesehatan murah dan efisien

Teknologi *IoT* telah membawa revolusi dalam pemantauan kesehatan jarak jauh, memungkinkan akses tanpa batas ke layanan kesehatan bagi individu di lokasi terpencil. Dengan memanfaatkan jaringan sensor yang terhubung secara nirkabel, sistem ini memungkinkan pemantauan kesehatan *real-time* tanpa harus berada di fasilitas kesehatan fisik. Contohnya, arsitektur *IoT* yang dikembangkan untuk pemantauan kesehatan darurat telah mempercepat respons dalam situasi darurat, memberikan peningkatan signifikan dalam keamanan pasien [3]. Akurasi sistem dalam pengukuran tekanan darah mencapai rata-rata 96,26%, dengan kesalahan kecil pada tekanan sistolik dan diastolik, serta suhu tubuh [16]. Selain itu, sistem jaringan *IoT* untuk pemantauan keselamatan dan kesehatan di lingkungan kerja juga menunjukkan peningkatan efisiensi dan keandalan dalam mengelola kesehatan pekerja di lokasi-lokasi yang sulit dijangkau [6]. Dengan demikian, *IoT* tidak hanya memperluas jangkauan layanan kesehatan tetapi juga meningkatkan kualitas perawatan kesehatan melalui solusi pemantauan jarak jauh yang efisien dan terjangkau [17].

### 3.4 Keandalan dan Akurasi Sistem *IoT* dalam Deteksi Dini Masalah Kesehatan

Tabel 4. Literature terkait Keandalan dan Akurasi Sistem *IoT*

Ref	Kontribusi Utama	Temuan Utama
[8]	Sistem pemantauan kesehatan berbasis <i>cloud IoT wearable</i>	<i>Cloud IoT</i> meningkatkan keandalan pemantauan
[14]	<i>IoT</i> berbasis <i>cloud</i> dalam sistem pemantauan kesehatan	<i>Cloud IoT</i> meningkatkan skalabilitas sistem kesehatan
[20]	Tinjauan pemantauan kesehatan pintar menggunakan <i>IoT</i>	<i>IoT</i> meningkatkan deteksi dini masalah kesehatan
[21]	Sistem pemantauan kesehatan pintar berbasis <i>IoT</i> untuk daerah pedesaan	<i>IoT</i> memungkinkan akses kesehatan di daerah terpencil

Keandalan dan akurasi sistem *IoT* dalam deteksi dini masalah kesehatan telah menjadi fokus penelitian yang signifikan, mengingat pentingnya intervensi awal dalam pengelolaan kondisi kesehatan. Sistem pemantauan kesehatan berbasis *cloud* yang mengintegrasikan perangkat *wearable* telah menunjukkan keunggulan dalam hal skalabilitas dan keandalan data yang dikumpulkan [8]. Penggunaan teknologi *IoT* dalam deteksi dini memungkinkan identifikasi masalah kesehatan sejak tahap awal, mengurangi risiko komplikasi serius melalui intervensi tepat waktu [20]. Di daerah pedesaan yang sulit dijangkau, sistem *IoT* berbasis *cloud* juga telah terbukti efektif dalam menyediakan layanan kesehatan yang lebih baik dengan akurasi data yang tinggi [21]. Dalam beberapa penelitian, akurasi sistem *IoT* dalam klasifikasi status kesehatan pasien mencapai 89,96%, menunjukkan potensi besar dalam deteksi dini masalah kesehatan [18]. Oleh karena itu, keandalan dan akurasi *IoT* dalam deteksi dini masalah kesehatan memberikan kontribusi yang berharga dalam meningkatkan hasil kesehatan pasien melalui pemantauan yang lebih proaktif dan preventif.

### 3.5 Tantangan Keamanan, Privasi dan Standarisasi dalam Penerapan *IoT* untuk Pemantauan Kesehatan

Tabel 4. Literature terkait Keamanan dan Privasi *IoT*

Ref	Kontribusi Utama	Temuan Utama
[18]	Sistem pemantauan kesehatan pasien berbasis <i>IoT</i> aman	<i>IoT</i> meningkatkan keamanan data kesehatan pasien
[19]	Skema pemantauan kesehatan berbasis <i>IoT</i> yang aman	Meningkatkan privasi dan keamanan pasien melalui <i>IoT</i>

Meskipun memiliki banyak manfaat, penerapan *IoT* dalam pemantauan kesehatan tidak terlepas dari tantangan yang signifikan terkait keamanan, privasi, dan standarisasi. Dengan volume data yang terus meningkat, ancaman terhadap privasi pasien menjadi perhatian utama, terutama ketika data dipindahkan melalui jaringan yang tidak aman [18]. Sistem pemantauan kesehatan berbasis *IoT* telah mulai mengatasi masalah ini dengan menerapkan enkripsi data yang lebih ketat dan autentikasi yang lebih kuat untuk melindungi informasi pasien [19]. Selain itu, pengembangan standar yang lebih komprehensif dan kebijakan keamanan yang lebih ketat diperlukan untuk memastikan bahwa penerapan *IoT* dalam sektor kesehatan dapat berlanjut dengan aman dan efektif. Dalam beberapa kasus, akurasi sistem *IoT* dalam pemantauan kesehatan mencapai lebih dari 95% untuk semua kasus yang diuji, menunjukkan potensi besar dalam pengembangan lebih lanjut [26].

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil review literatur mengenai penerapan *IoT* dalam sistem *monitoring* kesehatan menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki potensi besar untuk merevolusi cara perawatan kesehatan dilakukan. Inovasi dalam perangkat *wearable*, *platform cloud*, dan algoritma analitik telah memungkinkan pengumpulan data fisiologis secara *real-time*, pemantauan jarak jauh, dan deteksi dini masalah kesehatan. Implementasi sistem ini menunjukkan akurasi tinggi dalam pengukuran parameter kesehatan, efektivitas dalam mendeteksi kondisi kritis, serta peningkatan akses terhadap perawatan bagi populasi yang kurang terlayani.

Namun, adopsi sistem *monitoring* kesehatan berbasis *IoT* masih menghadapi tantangan terkait keamanan data, interoperabilitas, dan validasi klinis. Penelitian mendatang perlu fokus pada penguatan keamanan dan privasi data pasien, penetapan standar interoperabilitas untuk integrasi yang mulus, dan studi klinis yang mendalam untuk memvalidasi akurasi dan efektivitas sistem. Dengan mengatasi tantangan ini dan memanfaatkan kemajuan teknologi seperti *AI*, *ML*, dan integrasi *EHR*, sistem ini dapat mencapai potensi penuh dalam mentransformasi perawatan kesehatan, memfasilitasi manajemen kesehatan yang lebih proaktif, dan menciptakan sistem perawatan yang lebih efisien dan berfokus pada pasien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer, dan S. Khan, “*Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges*,” dalam 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology, Islamabad, Pakistan: IEEE, Des 2012, hlm. 257–260. doi: 10.1109/FIT.2012.53.
- [2]. O. Vermesan dan P. Friess, “*Internet of Things Applications - From Research and Innovation to Market Deployment*,” Jun 2014. <https://www.semanticscholar.org/paper/Internet-of-Things-Applications-From-Research-and-VermesanFriess/f0ebcba07e1aa574306e1fe9ed73a7ec6a59e35b>
- [3]. M. Faheem dkk., “*A Multiobjective, Lion Mating Optimization Inspired Routing Protocol for Wireless Body Area Sensor Network Based Healthcare Applications*,” *Sensors*, vol. 19, no. 23, Art. no. 23, Jan 2019, doi: 10.3390/s19235072.
- [4]. L. S. Vailshery, “*Topic: Internet of Things (IoT)*,” Statista. <https://www.statista.com/topics/2637/internet-of-things/>
- [5]. S. Kumar dkk., “*A Wristwatch-Based Wireless Sensor Platform for IoT Health Monitoring Applications*,” *Sensors*, vol. 20, no. 6, Art. no. 6, Jan 2020, doi: 10.3390/s20061675.
- [6]. A. Rahaman, M. Islam, R. Islam, M. Sadi, dan S. Nooruddin, “*Developing IoT Based Smart Health Monitoring Systems: A Review*,” *Revue d intelligence artificielle*, vol. 33, hlm. 435–440, Des 2019, doi: 10.18280/ria.330605.
- [7]. F. Wu, T. Wu, dan M. R. Yuce, “*An Internet-of-Things (IoT) Network System for Connected Safety and Health Monitoring Applications*,” *Sensors*, vol. 19, no. 1, Art. no. 1, Jan 2019.



- [8]. J. Wan dkk., “Wearable Iot Enabled Real-Time Health Monitoring System,” EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, vol. 2018, no. 1, hlm. 298, Des 2018, doi: 10.1186/s13638-018-1308-x.
- [9]. V. Bhardwaj, R. Joshi, dan A. M. Gaur, “IoT-Based Smart Health Monitoring System for COVID-19,” SN COMPUT. SCI., vol. 3, no. 2, hlm. 137, Jan 2022, doi: 10.1007/s42979-022-01015-1.
- [10]. K. Sangeethalakshmi, S. Preethi Angel, U. Preethi, S. Pavithra, dan V. Shanmuga Priya, “Patient Health Monitoring System Using IoT,” Materials Today: Proceedings, vol. 80, hlm. 2228–2231, Jan 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2021.06.188.
- [11]. S. usha rani, A. Ignatious, B. Hari, dan V. Balavishnu, “IoT Patient Health Monitoring System,” Indian Journal of Public Health Research & Development, vol. 8, hlm. 1329, Okt 2017, doi: 10.5958/0976-5506.2017.00519.8.
- [12]. M. M. Khan, S. Mehnaz, A. Shaha, M. Nayem, dan S. Bourouis, “IoT-Based Smart Health Monitoring System for COVID-19 Patients,” Computational and Mathematical Methods in Medicine, vol. 2021, hlm. e8591036, Nov 2021, doi: 10.1155/2021/8591036.
- [13]. K. Dinesh, K. Vijayalakshmi, C. Nirosha, I. Sundara Siva Rao, R. Krishna, dan D. Reddy, “Iot Based Smart Health Care Monitoring System,” Okt 2019.
- [14]. S. Viswanath, “Iot Cloud: In Health Monitoring System,” International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 9, hlm. 227–230, Jan 2020.
- [15]. M. Koshti, D. S. Ganorkar, dan M. E. Student, “IoT Based Health Monitoring System by Using Raspberry Pi and ECG Signal,” vol. 5, no. 5, 2007.
- [16]. G. E. Saputro, - Yohandri, - Mairizwan, dan E. Yuniarti, “IoT-Based Blood Pressure and Body Temperature Monitoring System,” Pillar of Physics, vol. 15, no. 2, Art. no. 2, Des 2022,
- [17]. V. V. Garbhapu dan S. Gopalan, “IoT Based Low Cost Single Sensor Node Remote Health Monitoring System,” Procedia Computer Science, vol. 113, hlm. 408–415, Jan 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.08.357.
- [18]. K. Yadav, A. Alharbi, A. Jain, dan R. Ramadan, “An IoT Based Secure Patient Health Monitoring System,” CMC, vol. 70, no. 2, hlm. 3637–3652, 2021, doi: 10.32604/cmc.2022.020614.
- [19]. J.-X. Hu, C.-L. Chen, C.-L. Fan, dan K. Wang, “An Intelligent and Secure Health Monitoring Scheme Using IoT Sensor Based on Cloud Computing,” Journal of Sensors, vol. 2017, hlm. e3734764, Jan 2017, doi: 10.1155/2017/3734764.
- [20]. A. Paul, H. Pinjari, W.-H. Hong, H. C. Seo, dan S. Rho, “Fog Computing-Based IoT for Health Monitoring System,” Journal of Sensors, vol. 2018, hlm. e1386470, Okt 2018, doi: 10.1155/2018/1386470.
- [21]. S. Balakrishnan, K. Suresh Kumar, L. Ramanathan, dan S. K. Muthusundar, “IoT for Health Monitoring System Based on Machine Learning Algorithm,” Wireless Pers Commun, vol. 124, no. 1, hlm. 189–205, Mei 2022, doi: 10.1007/s11277-021-09335-w.
- [22]. A. Ali dan S. Alshmrany, “Health Monitoring and Management System by Using Wireless Sensor Network and Internet of Things (IoT),” International Journal of Computer Network and Information Security, vol. 19, hlm. 179–184, Des 2019.
- [23]. L. A. Durán-Vega dkk., “An IoT System for Remote Health Monitoring in Elderly Adults Through a Wearable Device and Mobile Application,” Geriatrics (Basel), vol. 4, no. 2, hlm. 34, Mei 2019, doi: 10.3390/geriatrics4020034.
- [24]. A. Paul dkk., “Fog IoT for Health: A new Architecture for Patients and Elderly Monitoring,” Procedia Computer Science, vol. 160, hlm. 289–297, Jan 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.087.
- [25]. O. Debauche dan S. Mahmoudi, “Fog IoT for Health: A new Architecture for Patients and Elderly Monitoring,” Procedia Computer Science, vol. 160, hlm. 289–297, Jan 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.11.087.

- [26]. V. V. Garbhapu dan S. Gopalan, “*IoT Based Low Cost Single Sensor Node Remote Health Monitoring System,*” *Procedia Computer Science*, vol. 113, hlm. 408–415, Jan 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.08.357.
- [27]. A. Gondalia, D. Dixit, S. Parashar, V. Raghava, A. Sengupta, dan V. R. Sarobin, “*IoT-based Healthcare Monitoring System for War Soldiers using Machine Learning,*” *Procedia Computer Science*, vol. 133, hlm. 1005–1013, Jan 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.07.075.
- [28]. M. M. Islam, A. Rahaman, dan M. R. Islam, “*Development of Smart Healthcare Monitoring System in IoT Environment,*” *SN Comput Sci*, vol. 1, no. 3, hlm. 185, 2020, doi: 10.1007/s42979-020-00195-y.