

DEVELOPMENT OF AN IOT-BASED HEALTH INFORMATION SYSTEM (HIS) FOR MONITORING CHRONIC PATIENTS IN REMOTE AREAS

PENGEMBANGAN SIK BERBASIS IOT DALAM PEMANTAUAN PASIEN KRONIS DI DAERAH TERPENCIL

Muhammad Fahri¹⁾*, Endang Susilawati²⁾, Budi Hartono³⁾, iLma Wizraa⁴⁾

^{1,2,3)}Universitas Hang Tuah Pekanbaru, ⁴⁾Binus University

e-mail* : muhammadfahripascasarjana2024@gmail.com

ABSTRACT

This study discusses the implementation of Health Information System based on Internet of Things (IoT) to monitor patients with chronic conditions in remote areas. The main focus of this study is on the challenges faced in limited medical infrastructure and resources, which often hinder access and quality of health services in these areas. The main objective of this study is to examine how IoT can improve the effectiveness of remote and real-time chronic patient monitoring, and to identify factors that influence the success or obstacles in its implementation. The method used in this study is a systematic literature review, by analyzing 20 relevant scientific articles, covering technical, managerial, and social aspects of the application of IoT technology in the health sector. The results of the study indicate that although IoT offers great potential in improving patient health monitoring, the main challenges faced are limited communication infrastructure and a shortage of medical personnel trained in the use of this technology. These findings also highlight the importance of policies that support the development of digital infrastructure and continuous training for medical personnel in remote areas. Overall, this study makes a significant contribution to the development of IoT-based health systems, by providing an understanding of the challenges and opportunities in implementing technology in resource-limited areas, as well as providing practical recommendations for the development of more inclusive and sustainable health policies and technologies.

Keywords : Health Information System, IoT, Remote Areas

ABSTRAK

Penelitian ini membahas penerapan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) berbasis Internet of Things (IoT) untuk pemantauan pasien dengan kondisi kronis di daerah terpencil. Fokus utama penelitian ini adalah pada tantangan yang dihadapi dalam hal terbatasnya infrastruktur dan sumber daya medis, yang sering kali menghalangi akses dan kualitas layanan kesehatan di wilayah tersebut. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengkaji bagaimana IoT dapat meningkatkan efektivitas pemantauan pasien kronis secara jarak jauh dan real-time, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan atau hambatan dalam implementasinya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian literatur sistematis, dengan menganalisis 20 artikel ilmiah yang relevan, yang mencakup aspek teknis, manajerial, serta sosial dalam penerapan teknologi IoT di sektor kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun IoT menawarkan potensi besar dalam meningkatkan

pemantauan kesehatan pasien, tantangan utama yang dihadapi adalah keterbatasan infrastruktur komunikasi dan kekurangan tenaga medis yang terlatih dalam penggunaan teknologi ini. Temuan ini juga menyoroti pentingnya kebijakan yang mendukung pengembangan infrastruktur digital serta pelatihan berkelanjutan untuk tenaga medis di daerah-daerah terpencil. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi yang berarti terhadap pengembangan sistem kesehatan berbasis IoT, dengan memberikan pemahaman tentang tantangan dan peluang dalam implementasi teknologi di wilayah dengan sumber daya terbatas, serta memberikan rekomendasi praktis untuk pengembangan kebijakan dan teknologi kesehatan yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

Kata Kunci : Sistem Informasi Kesehatan, IoT, Daerah terpencil

PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) merupakan jaringan perangkat pintar yang saling terhubung dan mampu mentransmisikan data secara otomatis tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dalam bidang kesehatan, IoT telah banyak digunakan untuk mendukung pemantauan kesehatan pasien secara berkelanjutan, seperti alat wearable untuk mengukur tekanan darah, detak jantung, dan kadar gula darah. Pendekatan ini sangat penting bagi pasien kronis yang memerlukan pemantauan jangka panjang dan respons cepat terhadap perubahan kondisi. Menurut Khafid et al. (2024), penggunaan teknologi IoT memungkinkan dokter untuk menerima data pasien secara real-time dan merespons lebih cepat terhadap perubahan kondisi, yang berkontribusi pada peningkatan efektivitas intervensi medis. Selain itu, IoT juga memperkuat konsep layanan kesehatan berbasis pencegahan daripada kuratif. Penyakit kronis seperti hipertensi, diabetes, dan penyakit jantung terus menjadi penyumbang utama angka kesakitan dan kematian di dunia.

Di Indonesia sendiri, menurut data terbaru, hampir seperempat penduduk dewasa mengalami kondisi kronis yang

membutuhkan pemantauan medis jangka panjang. Tantangan utama muncul di wilayah terpencil, di mana keterbatasan fasilitas medis dan tenaga kesehatan menjadi penghambat serius dalam memberikan layanan berkelanjutan. Teknologi Internet of Things (IoT) muncul sebagai solusi alternatif dengan memungkinkan pemantauan kesehatan secara jarak jauh dan real-time. Dalam konteks ini, pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) berbasis IoT dipandang mampu meningkatkan kualitas pelayanan dan kesinambungan pengobatan di daerah dengan akses terbatas terhadap fasilitas kesehatan (Universitas Airlangga, 2023). Meskipun banyak riset telah mengeksplorasi penggunaan IoT di sektor kesehatan, hanya sedikit yang secara spesifik mengkaji pengembangan SIK berbasis IoT untuk pasien kronis di wilayah terpencil. Kebanyakan penelitian berfokus pada aspek teknis dan dilaksanakan di daerah perkotaan dengan dukungan infrastruktur yang lebih baik.

Ramadhan et al. (2024) menyoroti persoalan integrasi data dan perlindungan informasi dalam sistem monitoring berbasis IoT, namun kurang menyinggung kondisi di lokasi terpencil. Sementara itu,

Tan et al. (2024) dalam penelitiannya menekankan manfaat monitoring jarak jauh terhadap keselamatan dan kepatuhan pasien, namun efektivitasnya dalam konteks geografis yang sulit dijangkau masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan menggali elemen-elemen kunci, hambatan implementasi, serta pendekatan teknis dan manajerial yang digunakan dalam studi-studi terdahulu. Dengan demikian, kajian ini berusaha memberikan gambaran menyeluruh mengenai sejauh mana efektivitas sistem tersebut dalam meningkatkan pelayanan kesehatan yang berkelanjutan di daerah dengan keterbatasan akses medis.

Secara teoritis penelitian ini akan memperkaya literatur mengenai integrasi teknologi IoT dalam sistem informasi kesehatan, khususnya dalam konteks pemantauan pasien kronis di daerah terpencil. Penelitian ini juga akan mengidentifikasi model-model implementasi yang efektif serta faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan penerapan teknologi tersebut. Secara praktis, temuan dari penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pembuat kebijakan, penyedia layanan kesehatan, dan pengembang teknologi dalam merancang dan mengimplementasikan SIK berbasis IoT yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam upaya meningkatkan akses dan kualitas layanan kesehatan bagi populasi yang tinggal di daerah terpencil.

Kondisi Sistem Informasi Kesehatan (SIK) di fasilitas kesehatan (faskes) daerah tertinggal di Indonesia masih menunjukkan

berbagai keterbatasan yang berdampak signifikan pada kualitas layanan kesehatan. Seperti yang diindikasikan oleh berbagai studi mengenai adopsi teknologi di sektor kesehatan (Malik et al., 2021; Herawati et al., 2022), menunjukkan bahwa banyak faskes di daerah terpencil masih mengandalkan sistem pencatatan manual atau sistem informasi yang belum terintegrasi dengan baik. Hal ini menyebabkan fragmentasi data pasien, kesulitan dalam pelacakan riwayat medis, dan lambatnya proses pengambilan keputusan klinis.

Kondisi infrastruktur yang terbatas dan kurangnya literasi digital tenaga kesehatan merupakan hambatan umum (Al-Rawashdeh et al., 2022; Rahman et al., 2023), dengan laporan dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2022 yang menunjukkan bahwa sekitar 60% puskesmas di daerah tertinggal belum memiliki akses internet yang memadai, dan lebih dari 70% tenaga kesehatan di sana belum familiar dengan penggunaan sistem informasi digital untuk manajemen data pasien.

Dampak buruk dari kondisi SIK yang belum optimal ini sangat terasa pada layanan kesehatan. Pasien kronis, misalnya, sering kali menghadapi kendala dalam mendapatkan pemantauan berkelanjutan karena data kesehatan mereka tidak dapat diakses secara real-time oleh tenaga medis di lokasi yang berbeda. Situasi ini, yang diperparah oleh kurangnya infrastruktur komunikasi yang memadai (Rashid & Rehmani, 2022), sehingga mengakibatkan penundaan dalam diagnosis, pemberian terapi yang tidak tepat waktu, dan pada

akhirnya, peningkatan angka komplikasi serta mortalitas (Tan et al., 2024; Shamsabadi et al., 2022). Selain itu juga, kurangnya data yang akurat dan terintegrasi juga menghambat upaya pemerintah dalam menyusun kebijakan kesehatan yang berbasis bukti dan merata. Oleh karena itu, pengembangan SIK yang lebih modern, khususnya yang berbasis IoT, menjadi sangat krusial untuk mengatasi kesenjangan ini, meningkatkan efisiensi layanan, dan memastikan bahwa setiap pasien, di mana pun mereka berada, dapat menerima layanan kesehatan yang berkualitas.

METODE

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* dengan desain sistematis berbasis protokol Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) yang bertujuan mengkaji pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) berbasis Internet of Things (IoT) dalam pemantauan pasien kronis di daerah terpencil. Kajian literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan dan menelaah artikel-artikel ilmiah baik dari tingkat nasional maupun internasional yang dipublikasikan dalam rentang waktu 2020 hingga 2024. Sumber utama literatur diperoleh dari basis data terpilih seperti Google Scholar, PubMed, dan Scopus, dengan menggunakan kata kunci: "Sistem Informasi Kesehatan", "Internet of Things", "Pemantauan Pasien Kronis", dan "Daerah Terpencil". Pada tahap awal, diperoleh sebanyak 20 artikel ilmiah yang memenuhi kriteria relevansi topik dan kriteria inklusi berupa fokus penelitian pada pengelolaan data kesehatan berbasis IoT serta aplikasi

sistem informasi dalam layanan primer, khususnya di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur. Artikel yang telah dikumpulkan kemudian ditelaah melalui pendekatan analitis dengan menyoroti tujuan penelitian, metodologi yang digunakan, temuan utama, serta kontribusinya terhadap pengembangan sistem SIK berbasis IoT. Artikel-artikel tersebut tidak hanya digunakan sebagai pembandingan, tetapi juga untuk melengkapi, mengkritisi, dan memperkaya argumentasi ilmiah dalam pembahasan kajian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengertian Sistem dan Manfaat Pendekatan Sistem

Dalam pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK), pemahaman tentang konsep "sistem" dan urgensi pendekatan sistem sangat fundamental sebagai landasan desain dan pengelolaan sistem yang efektif dan efisien. Berdasarkan analisis terhadap tiga referensi ilmiah terkini, diperoleh pemahaman konseptual dan empiris yang memperkaya kerangka teoritis sekaligus mendukung penerapan praktis dalam sistem kesehatan.

Dalam konteks Sistem Informasi Kesehatan (SIK) Herawati et al. (2022) menjelaskan bahwa sistem dalam konteks SIK merupakan kesatuan dari komponen input, proses, dan output yang berperan dalam mendukung pengambilan keputusan dalam pelayanan kesehatan. Komponen input terdiri atas SDM, infrastruktur, regulasi, dan pendanaan; komponen proses mencakup manajemen pelaksanaan teknis; sedangkan outputnya adalah informasi yang akurat, terstandar, dan bermanfaat bagi

stakeholder. Dengan menerapkan pendekatan sistem input-proses-output, studi ini menekankan pentingnya memperbaiki seluruh elemen sistem secara berkesinambungan agar data yang dihasilkan berkualitas tinggi dan mendukung kebijakan berbasis bukti.

Epizitone, Moyane, & Agbehadji (2023) dalam tinjauan pustakanya menyatakan bahwa sistem dalam SIK adalah kerangka informasi terintegrasi yang memfasilitasi proses pengumpulan, pemrosesan, pelaporan, dan pemanfaatan data kesehatan. SIK modern memiliki fungsi sentral dalam peningkatan efisiensi layanan, pengurangan biaya, serta mendorong penggunaan teknologi seperti clinical decision support systems (CDSS). Pendekatan sistem dalam studi ini memungkinkan pengelolaan informasi yang lebih cerdas dan menyeluruh, yang sangat penting untuk menghubungkan semua subsistem layanan kesehatan dalam satu kesatuan yang harmonis.

Kemudian dalam penelitian Malik, Kazi, & Hussain (2021) memperkuat pemahaman ini dengan menyatakan bahwa sistem adalah platform manajemen informasi terstruktur yang dirancang untuk menunjang seluruh aspek layanan kesehatan, mulai dari administrasi hingga pengambilan keputusan klinis. Manfaat pendekatan sistem terlihat pada kemampuannya mendeteksi kesenjangan implementasi SIK, seperti lemahnya infrastruktur dan kurangnya pelatihan SDM, sehingga dapat dirancang intervensi sistemik yang menyeluruh dan strategis.

Secara keseluruhan, ketiga studi tersebut menyimpulkan bahwa sistem dalam SIK

bukan hanya sekadar infrastruktur digital, melainkan entitas dinamis yang terdiri dari elemen manusia, teknologi, data, dan proses yang harus dikelola secara terpadu. Pendekatan sistem menjadi krusial karena mampu memetakan relasi antar komponen, mengidentifikasi akar permasalahan sistemik, dan merancang perbaikan yang komprehensif untuk menghasilkan informasi kesehatan yang akurat, andal, dan digunakan secara optimal untuk peningkatan mutu layanan kesehatan.

2. Urgensi Pendekatan Sistem dalam Pengembangan SIK

Pendekatan sistem menjadi sangat penting dalam pengembangan SIK karena sifat sistem kesehatan yang kompleks, multisektoral, dan melibatkan berbagai komponen yang saling bergantung. Tanpa pendekatan sistem, pengembangan SIK cenderung parsial dan tidak menyelesaikan akar permasalahan struktural. Herawati et al. (2022) menunjukkan bahwa tanpa integrasi antar input, proses, dan output, sistem informasi kesehatan tidak akan mampu menghasilkan informasi yang dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan.

Selain itu, Epizitone et al. (2023) menekankan bahwa pendekatan sistem mampu mengidentifikasi celah atau bottleneck dalam siklus data kesehatan, mulai dari pengumpulan hingga pemanfaatan. Dalam konteks infrastruktur terbatas, pendekatan sistem juga membantu mengoptimalkan sumber daya yang tersedia dengan cara menata ulang alur kerja, memastikan interoperabilitas antar platform, dan mendorong tata kelola data yang lebih baik. Malik et al. (2021) menambahkan bahwa sistem kesehatan

yang tidak dibangun secara sistemik seringkali menghadapi kegagalan dalam adopsi teknologi, resistensi dari tenaga kesehatan, serta kesenjangan dalam pendanaan. Pendekatan sistem dapat mengantisipasi hambatan ini dengan menyusun perencanaan lintas sektor, membangun pelatihan terstruktur, dan melibatkan pengguna sejak tahap awal pengembangan. Dengan demikian, urgensi pendekatan sistem dalam pengembangan SIK terletak pada kemampuannya menyatukan dimensi teknis, organisasional, dan manusia secara sinergis. Hanya dengan pendekatan holistik ini, SIK dapat dirancang untuk benar-benar mendukung transformasi digital layanan kesehatan yang efektif, efisien, dan berkelanjutan.

3. Justifikasi Pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) dalam Organisasi Kesehatan

Dalam studi Nurdila et al. (2023) menekankan bahwa pengembangan SIK sangat penting untuk meningkatkan efisiensi manajemen data pasien dan koordinasi perawatan. Sistem yang dikembangkan memungkinkan penyedia layanan kesehatan untuk mengakses informasi pasien dengan mudah, merencanakan perawatan yang lebih terkoordinasi, dan berkomunikasi secara efektif antar rekan kerja. Hal ini berkontribusi pada peningkatan kualitas layanan kesehatan dan hasil pasien melalui manajemen data yang lebih baik dan perawatan yang lebih terkoordinasi. Sementara Stefan et al. (2024) menunjukkan bagaimana sistem informasi medis yang terintegrasi dapat mengoptimalkan alur informasi,

mempercepat proses pelayanan, dan meningkatkan keselamatan pasien, sistem ini berkontribusi pada peningkatan perawatan pasien, proses yang lebih efisien, dan pengambilan keputusan yang lebih baik bagi profesional kesehatan. Dengan demikian, pengembangan SIK menjadi krusial dalam menghadapi tantangan dan kompleksitas layanan kesehatan modern.

4. Tahapan Pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK)

Menurut Nurdila et al. (2023), pengembangan SIK dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis untuk memastikan sistem yang dibangun sesuai dengan kebutuhan pengguna dan dapat berfungsi secara optimal. Tahapan-tahapan ini dirancang untuk memastikan bahwa SIK yang dibangun dapat memenuhi kebutuhan organisasi kesehatan dalam mengelola data pasien dan meningkatkan koordinasi perawatan. Tahapan-tahapan tersebut meliputi:

- a. Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis). Tahap ini bertujuan untuk memahami secara mendalam persyaratan dan kebutuhan sistem informasi yang akan dikembangkan. Melalui pengumpulan data dan informasi dari berbagai pemangku kepentingan, tim pengembang dapat merumuskan spesifikasi sistem yang sesuai dengan kebutuhan organisasi.
- b. Perancangan Sistem (System Design), Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, tahap ini fokus pada perancangan struktur dan arsitektur sistem informasi. Desain sistem mencakup perancangan antarmuka pengguna,

basis data, dan alur proses bisnis yang akan diotomatisasi oleh sistem.

- c. Implementasi (Implementation), Pada tahap ini, sistem yang telah dirancang mulai dibangun dan dikembangkan. Proses ini melibatkan pengkodean program, konfigurasi perangkat keras dan lunak, serta integrasi komponen-komponen sistem sesuai dengan desain yang telah ditetapkan.
- d. Pengujian Sistem (Testing), Setelah implementasi, sistem diuji untuk memastikan bahwa semua fungsi berjalan sesuai dengan spesifikasi dan bebas dari kesalahan. Pengujian meliputi uji coba fungsionalitas, keamanan, kinerja, dan kompatibilitas sistem.
- e. Kesimpulan dan Rekomendasi (Conclusion and Recommendations), Tahap akhir ini melibatkan evaluasi keseluruhan dari sistem yang telah dikembangkan. Berdasarkan hasil evaluasi, tim pengembang memberikan rekomendasi untuk perbaikan atau pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan kinerja dan efektivitas sistem.

Dalam pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) berbasis Internet of Things (IoT), pendekatan sistem sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh elemen yang terlibat mulai dari sumber daya manusia (SDM), infrastruktur, proses, hingga output bekerja secara sinergis. Sistem ini mencakup integrasi antara data pasien, perangkat medis, dan platform pengelolaan informasi yang memungkinkan keputusan medis diambil berdasarkan data yang akurat dan tepat waktu. Pendekatan

sistem ini membantu mendorong efisiensi, meningkatkan kualitas perawatan, serta mendukung interaksi yang lebih lancar antara pasien dan penyedia layanan kesehatan. Penerapan pendekatan ini memastikan bahwa elemen-elemen seperti teknologi dan manajerial dapat berfungsi bersama untuk menciptakan hasil yang optimal.

Pemanfaatan IoT dalam sistem pemantauan kesehatan memungkinkan pengumpulan data vital secara real-time dan berkelanjutan, yang sangat berguna bagi pasien dengan penyakit kronis. Teknologi ini berperan penting dalam mengalihkan pendekatan reaktif menjadi proaktif, dengan memungkinkan penyesuaian terapi tanpa perlu kunjungan fisik yang rutin. Namun, tantangan utama muncul di daerah terpencil, di mana keterbatasan infrastruktur dan bandwidth dapat menghambat implementasi IoT secara optimal (Mehraeen et al., 2022).

Meskipun teknologi IoT memiliki banyak potensi untuk memperbaiki pemantauan kesehatan pasien, penerapannya di daerah terpencil menghadapi banyak kendala. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan infrastruktur, yang sering kali menjadi hambatan dalam penyebaran dan penggunaan IoT di wilayah dengan koneksi internet yang buruk atau tidak stabil, terbatas di daerah terpencil juga menyulitkan pengiriman data secara real-time, yang dapat mengurangi efektivitas sistem pemantauan. Selain itu, keterbatasan tenaga medis terlatih dalam menggunakan teknologi ini menjadi faktor penting yang harus diatasi. Tanpa keterampilan yang memadai untuk mengoperasikan perangkat

IoT dan menginterpretasikan data yang dihasilkan, sistem ini bisa menjadi kurang efektif atau bahkan gagal (Butzner & Cuffee, 2021).

Keamanan dan privasi data pasien juga menjadi tantangan penting dalam penerapan IoT di sektor kesehatan. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan blockchain dan fog computing menjadi solusi untuk memastikan keamanan data selama proses transmisi dan penyimpanan. Dengan mengintegrasikan teknologi-teknologi tersebut, sistem IoT dapat berjalan dengan lebih aman dan terlindungi, sesuai dengan standar privasi yang tinggi. Aspek ini penting karena data kesehatan adalah informasi yang sangat sensitif dan membutuhkan perlindungan yang ketat sejak tahap perancangan sistem (Cheikhrouhou et al., 2023; Dhamanti et al., 2023).

Strategi Pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) Berbasis IoT

Pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) berbasis IoT yang efektif memerlukan strategi yang matang pada setiap tahapan, mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi sistem. Pembahasan literatur berikut menguraikan strategi-strategi kunci yang dapat diterapkan:

1. Tahap Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis)

Pada tahap ini, strategi yang berpusat pada pengguna (user-centered design) sangat krusial. Literatur menekankan pentingnya melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk tenaga medis,

pasien, administrator faskes, dan pakar teknologi informasi, sejak awal proses.

- a. **Survei dan Wawancara Mendalam:** Melakukan survei komprehensif dan wawancara mendalam dengan tenaga medis di daerah terpencil untuk mengidentifikasi kebutuhan spesifik mereka terkait fitur sistem, jenis data yang diperlukan, dan alur kerja yang optimal (Nurdila et al., 2023). Ini juga mencakup pemahaman tentang tantangan infrastruktur yang ada.
- b. **Observasi Lapangan:** Mengadakan observasi langsung di faskes daerah terpencil untuk memahami proses bisnis yang sedang berjalan dan mengidentifikasi hambatan dalam pencatatan data dan koordinasi perawatan.
- c. **Benchmarking Sistem Serupa:** Menganalisis keberhasilan dan kegagalan implementasi SIK berbasis IoT di wilayah serupa (misalnya, di negara berkembang lain dengan tantangan geografis yang sama) untuk mengadopsi praktik terbaik dan menghindari kesalahan umum.

2. Tahap Perancangan Sistem (System Design)

Strategi pada tahap ini harus berfokus pada desain yang adaptif, modular, dan berorientasi pada privasi dan keamanan data.

- a. **Desain Modular:** Merancang sistem dengan arsitektur modular memungkinkan penyesuaian dan skalabilitas yang lebih mudah di masa depan. Misalnya, modul untuk pengumpulan data sensor, modul untuk

analisis data, dan modul untuk antarmuka pengguna dapat dikembangkan secara terpisah dan diintegrasikan kemudian. Ini penting di daerah terpencil di mana implementasi mungkin perlu dilakukan secara bertahap (Epizitone et al., 2023).

- b. Prioritas Keamanan dan Privasi Data: Mengintegrasikan prinsip *privacy-by-design* sejak awal perancangan. Ini termasuk penggunaan enkripsi end-to-end, otentikasi multi-faktor, dan implementasi teknologi seperti blockchain atau *fog computing* untuk memproses data dekat dengan sumbernya guna mengurangi risiko kebocoran data saat transmisi (Cheikhrouhou et al., 2023; Dhamanti et al., 2023).
- c. Antarmuka Pengguna Intuitif (*User-Friendly Interface*): Mengembangkan antarmuka yang sederhana, jelas, dan mudah digunakan oleh tenaga medis yang mungkin memiliki keterbatasan dalam literasi digital. Visualisasi data yang ringkas dan informatif juga penting untuk memudahkan interpretasi.

3. Tahap Implementasi (Implementation)

Strategi implementasi harus mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan infrastruktur di daerah terpencil, serta perlunya pelatihan yang komprehensif.

- a. Implementasi Bertahap (*Phased Implementation*): Mengadopsi pendekatan implementasi bertahap, dimulai dengan pilot project di beberapa faskes kecil, sebelum memperluas

cakupan. Ini memungkinkan tim untuk belajar dari pengalaman awal dan menyesuaikan strategi.

- b. Pengembangan Infrastruktur Jaringan: Mengidentifikasi dan mengembangkan solusi konektivitas yang sesuai untuk daerah terpencil, seperti penggunaan internet satelit, jaringan seluler yang diperkuat, atau solusi hibrida, untuk memastikan transfer data real-time (Rashid & Rehmani, 2022).
- c. Pelatihan Komprehensif dan Berkelanjutan: Menyediakan pelatihan intensif bagi tenaga medis dan staf pendukung mengenai pengoperasian perangkat IoT, penggunaan SIK, serta interpretasi data kesehatan. Pelatihan ini harus dilakukan secara berkala dan disesuaikan dengan tingkat pemahaman pengguna.
- d. Dukungan Teknis Lokal: Membangun tim dukungan teknis lokal atau sistem dukungan jarak jauh yang responsif untuk membantu mengatasi masalah teknis yang mungkin muncul selama penggunaan sistem.

4. Tahap Pengujian Sistem (Testing)

Strategi pengujian harus memastikan sistem tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga efektif dalam lingkungan operasional yang sebenarnya.

- a. Uji Fungsional dan Non-Fungsional: Melakukan uji fungsional untuk memastikan semua fitur bekerja sesuai spesifikasi, serta uji non-fungsional seperti uji kinerja (responsivitas sistem), uji keamanan (kerentanan terhadap serangan siber), dan uji kompatibilitas (dengan berbagai perangkat dan sistem operasi).

- b. Uji Lapangan (Field Testing): Melakukan uji coba di lingkungan nyata dengan partisipasi tenaga medis dan pasien untuk mengidentifikasi masalah usability dan efektivitas dalam kondisi operasional sebenarnya.
- c. Pengumpulan Umpan Balik: Menerapkan mekanisme untuk mengumpulkan umpan balik dari pengguna secara terus-menerus selama tahap pengujian, yang kemudian digunakan untuk iterasi dan perbaikan sistem.

5. Tahap Kesimpulan dan Rekomendasi (Conclusion and Recommendations) / Evaluasi Sistem

Strategi evaluasi harus bersifat holistik, mengukur dampak sistem terhadap kualitas layanan, efisiensi operasional, dan kepuasan pengguna.

- a. Evaluasi Kinerja Sistem: Mengukur metrik seperti akurasi data, waktu respons sistem, dan keandalan transmisi data.
- b. Evaluasi Dampak Klinis: Menganalisis dampak sistem terhadap hasil pasien, seperti penurunan angka komplikasi, peningkatan kepatuhan pengobatan, atau pengurangan kunjungan darurat (Tan et al., 2024).
- c. Evaluasi Ekonomi: Menganalisis efektivitas biaya dari implementasi SIK berbasis IoT, termasuk potensi penghematan biaya perjalanan pasien dan efisiensi operasional faskes.
- d. Evaluasi Kepuasan Pengguna: Menggunakan survei atau wawancara untuk mengukur tingkat kepuasan

tenaga medis dan pasien terhadap sistem yang dikembangkan.

Penelitian ini mengkaji pengembangan Sistem Informasi Kesehatan (SIK) berbasis Internet of Things (IoT) untuk pemantauan pasien kronis di daerah terpencil, dengan fokus pada penerapan pendekatan sistem yang terintegrasi. Pendekatan sistem yang melibatkan input, proses, dan output yang saling terkait penting untuk memastikan pengelolaan data yang berkualitas tinggi dan pengambilan keputusan berbasis bukti yang efisien. Secara praktis, penelitian ini juga memberikan pedoman bagi pembuat kebijakan, penyedia layanan kesehatan, dan pengembang teknologi dalam merancang dan mengimplementasikan sistem IoT yang sesuai dengan kebutuhan dan tantangan di daerah terpencil. Konsep ini mendukung keberlanjutan dalam sistem kesehatan dengan memperbaiki seluruh elemen yang berperan dalam mendukung proses pengumpulan dan pemrosesan data pasien, yang selanjutnya mendorong peningkatan koordinasi perawatan dan pengambilan keputusan yang lebih akurat (Herawati et al., 2022).

Secara keseluruhan, temuan-temuan penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu di bidang kesehatan digital, terutama terkait dengan pemantauan pasien kronis melalui IoT di daerah terpencil. Meskipun tantangan teknis dan manajerial masih ada, penelitian ini memberikan panduan yang berguna bagi pembuat kebijakan, penyedia layanan kesehatan, dan pengembang teknologi untuk merancang sistem yang sesuai dengan kondisi lokal. Rekomendasi untuk penelitian lanjutan mencakup peningkatan

infrastruktur, pelatihan tenaga medis, dan pengembangan model implementasi yang lebih fleksibel yang dapat diterapkan di wilayah dengan keterbatasan sumber daya (Ramadhan et al., 2024).

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk memahami potensi Sistem Informasi Kesehatan (SIK) berbasis Internet of Things (IoT) dalam pemantauan pasien kronis di daerah terpencil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa IoT dapat memperbaiki pengelolaan data kesehatan secara real-time, memberikan informasi yang lebih akurat dan cepat, serta meningkatkan responsivitas dalam perawatan pasien. Teknologi ini memungkinkan pengawasan kesehatan yang lebih efektif bagi pasien dengan penyakit kronis yang memerlukan perhatian berkelanjutan, terutama di wilayah dengan keterbatasan fasilitas medis.

Namun, penerapan teknologi IoT di daerah terpencil menghadapi berbagai tantangan. Masalah utama yang ditemukan adalah keterbatasan infrastruktur komunikasi, bandwidth, serta kurangnya tenaga medis terlatih yang mampu mengoperasikan dan memanfaatkan teknologi ini secara optimal. Kendala-kendala ini dapat menghambat implementasi IoT secara efektif, meskipun potensi besar dari teknologi ini sudah terbukti dalam meningkatkan efisiensi layanan kesehatan di wilayah yang sulit dijangkau.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang manfaat dan tantangan yang dihadapi dalam penerapan SIK

berbasis IoT di daerah terpencil. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pengembangan infrastruktur yang lebih baik dan pelatihan bagi tenaga medis sebagai faktor pendukung keberhasilan implementasi teknologi ini.

SARAN

Hasil penelitian ini membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut yang dapat memperdalam solusi yang adaptif terhadap kondisi lokal dan mendukung pengembangan sistem kesehatan berbasis IoT yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Hang Tuah Pekanbaru atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini. Penghargaan juga disampaikan kepada rekan-rekan sejawat serta semua pihak yang telah memberikan masukan, bantuan teknis, dan dukungan moral sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- M. U. H. A. Rasyid, B. Utomo, H. -K. Wu, I. U. Nadhori and A. K. Pratama, "IoT Framework Development for Health Conditions Monitoring," *2022 International Electronics Symposium (IES)*, Surabaya, Indonesia, 2022, pp. 398-403, doi: 10.1109/IES55876.2022.9888287.
- Ramadhan, I. W., Firdaus, F., & Adinandra, S. (2024). Penerapan IoT dalam Sistem Monitoring Kesehatan: Inovasi dan

- Implementasi. *Techno.COM*, 23(4), 763–772.
- Tan, S. Y., Sumner, J., Wang, Y., & Yip, A. W. (2024). A systematic review of the impacts of remote patient monitoring (RPM) interventions on safety, adherence, quality-of-life and cost-related outcomes. *npj Digital Medicine*, 7, Article 192.
- Khafid, M., Bramantoro, T., Hariyani, N., Setyowati, D., & Palupi, R. (2024). The Use of Internet of Things (IoT) Technology to Promote Children's Oral Health: A Scoping Review. *European Journal of Dentistry*, 18(3), 703–711.
- Abdulmalek, S., Nasir, A., Jabbar, W., Almuhaaya, M., Bairagi, A., Khan, M., & Kee, S. (2022). Sistem Pemantauan Layanan Kesehatan Berbasis IoT untuk Meningkatkan Kualitas Hidup: Sebuah Tinjauan. *Healthcare*, 10.
- Cheikhrouhou, O., et al. (2023). [A Lightweight Blockchain and Fog-enabled Secure Remote Patient Monitoring System](#) *arXiv preprint arXiv:2301.03551*.
- Dhamanti, I., Nia, I. M., Nagappan, K., & Srikanth, B. P. (2023). Smart home healthcare for chronic disease management: A scoping review. *Digital Health*, 9, 20552076231218144.
- Martínez-Pérez, B., Díez, I., & Coronado, M. (2014). Privasi dan Keamanan dalam Aplikasi Kesehatan Seluler: Tinjauan dan Rekomendasi. *Jurnal Sistem Medis*, 39, 1-8.
- Butzner, M., & Cuffee, Y. (2021). Intervensi dan Hasil Telehealth di Seluruh Komunitas Pedesaan di Amerika Serikat: Tinjauan Naratif. *Jurnal Penelitian Internet Medis*, 23.
- Al-Sarawi, S., Anbar, M., Abdullah, R., & Hawari, A. (2020). Prakiraan Analisis Pasar Internet of Things, 2020–2030. *Konferensi Dunia Keempat tentang Tren Cerdas dalam Sistem, Keamanan, dan Keberlanjutan (WorldS4) 2020*, 449-453.
- Herawati, M. H., Idaiani, S., Maryati, S., Mulyani, N. S., & Pradipta, R. (2022). Health information system concept in health services in the national health insurance (JKN) era in Indonesia: An environment and one health approach. *Frontiers in Public Health*, 10, 952415.
- Epizitone, A., Moyane, S. P., & Agbehadji, I. E. (2023). A systematic literature review of health information systems for healthcare. *Healthcare*, 11(7), 959.
- Malik, M., Kazi, A. F., & Hussain, A. (2021). Adoption of health technologies for effective health information system: Need of the hour for Pakistan. *PLOS One*, 16(10), e0258081.
- Nurdila, N., Sihombing, V., & Juledi, A. P. (2023). Pengembangan Sistem Informasi Kesehatan untuk Manajemen Data Pasien dan Perawatan yang Lebih Baik. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 7(1).

- Tan, S. Y., Sumner, J., Wang, Y., & Yip, A. W. (2024). A systematic review of the impacts of remote patient monitoring (RPM) interventions on safety, adherence, quality-of-life and cost-related outcomes. *npj Digital Medicine*, 7. Article 192.
- Rashid, A., & Rehmani, M. H. (2022). A survey on the role of IoT in healthcare. *Computer Networks*, 198, 108398.
- Al-Rawashdeh, M., Keikhosrokiani, P., Belaton, B., Alawida, M., & Zwiri, A. (2022). Adopsi dan Aplikasi IoT untuk Layanan Kesehatan Cerdas: Tinjauan Sistematis. *Sensors (Basel, Swiss)*, 22.
- Rahman, S., Ibtisum, S., Podder, P., & Hossain, S. (2023). Perkembangan dan Tantangan IoT dalam Layanan Kesehatan: Tinjauan Singkat. *ArXiv*, abs/2311.12869.
- Mehraeen, R., et al. (2022). Internet of Things (IoT) in Healthcare: Benefits and Challenges. *Healthcare*, 10(5), 1022.
- Dadkhah, Mehdi, et al. (2021) Use of Internet of Things for Chronic Disease Management: An Overview. *Journal of Medical Signals & Sensors* 11(2):p 138-157.
- Shamsabadi, A., Pashaei, Z., Karimi, A., Mirzapour, P., Qaderi, K., Marhamati, M., Barzegary, A., Fakhfour, A., Mehraeen, E., Sendedalinaghi, S., & Dadras, O. (2022). Internet of things dalam pengelolaan penyakit kronis selama pandemi COVID-19: Tinjauan sistematis. *Laporan Ilmu Kesehatan*, 5.