

Internet of Things and Fog Computing for Remote Patient Monitoring in Cardiovascular Diseases and Cancer: A Literature Review

Internet of Things dan Fog Computing untuk Remote Patient Monitoring pada Penyakit Kardiovaskular dan Kanker: Sebuah Tinjauan Literatur

Yovita Ronauli Bintang Situmorang^{1*}, Alvina Nur Khaira², Rafli Filano S.Si., M.T.^{3*}, Doni Bowo Nugroho, S.Pd., M.Sc.⁴, Ir. Yusuf Maulana, S.T., M.Sc.⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Institut Teknologi Sumatra

Email: yovita.122430129@student.itera.ac.id, alvina.122430112@student.itera.ac.id

* yovita.122430129@student.itera.ac.id, rafli.filano@bm.itera.ac.id

Abstract

The development of the Internet of Things (IoT) has opened up enormous opportunities for the implementation of Remote Patient Monitoring (RPM) to improve the quality of monitoring patients with chronic diseases, particularly cardiovascular and cancer cases. This literature study aims to analyze the technical design of the IoT-RPM system, network architecture (cloud-fog), cardiovascular service process engineering, and a patient-centered RPM conceptual framework based on five recent scientific articles. The method used is a directed literature review of articles on ESP32-based patient monitoring prototypes and vital sensors, fog-IoT Platforms for RPM, cardiac RPM design through Business Process Re-engineering, general IoT-RPM implementation, and analysis of the RPM concept in cancer patients. The results of the study show that IoT-based monitoring systems are capable of providing real-time monitoring of vital signs and infusion conditions with adequate accuracy and notification times of only a few seconds, thereby potentially reducing delays in clinical action and the workload of nurses. The fog-IoT architecture has been proven to reduce latency and increase throughput compared to a pure cloud architecture, while enabling pre-processing and data filtering close to the source, which is important for large-scale implementation. At the process level, the implementation of RPM and integrated information systems in cardiac services increases service capacity and reduces working time and emergency response time. Conceptual analysis confirms that effective RPM must fulfill the attributes of continuous monitoring, technology integration, multidisciplinary collaboration, accessibility, and patient-centered care. In conclusion, IoT-RPM has great potential to realize more proactive, efficient, and patient-centered healthcare services, but still faces challenges related to richer data integration, security and privacy, infrastructure readiness, and the need for organizational and nursing practice changes.

Keywords: Remote Patient Monitoring, Internet of Things, Fog Computing, Cardiac Telemonitoring, Oncology Nursing, Add to follow-up

Abstrak

Perkembangan Internet of Things (IoT) telah membuka peluang besar untuk implementasi Pemantauan Pasien Jarak Jauh (RPM) guna meningkatkan kualitas pemantauan pasien dengan penyakit kronis, khususnya kasus kardiovaskular dan kanker. Studi literatur ini bertujuan untuk menganalisis desain teknis sistem IoT-RPM, arsitektur jaringan (cloud-fog), rekayasa proses layanan kardiovaskular, dan kerangka kerja konseptual RPM yang berpusat pada pasien berdasarkan lima artikel ilmiah terbaru. Metode yang digunakan adalah tinjauan literatur terarah dari artikel tentang prototipe pemantauan pasien berbasis ESP32 dan sensor vital, Platform fog-IoT untuk RPM, desain RPM jantung melalui Rekayasa Ulang Proses Bisnis, implementasi IoT-RPM secara umum, dan analisis konsep RPM pada pasien kanker. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT mampu memberikan pemantauan tanda vital dan kondisi infus secara real-time dengan akurasi yang memadai dan waktu pemberitahuan hanya beberapa detik, sehingga berpotensi mengurangi keterlambatan

tindakan klinis dan beban kerja perawat. Arsitektur fog-IoT telah terbukti mengurangi latensi dan meningkatkan throughput dibandingkan dengan arsitektur cloud murni, sekaligus memungkinkan pra-pemrosesan dan penyaringan data di dekat sumber, yang penting untuk implementasi skala besar. Pada tingkat proses, implementasi RPM dan sistem informasi terintegrasi dalam layanan jantung meningkatkan kapasitas layanan dan mengurangi waktu kerja serta waktu respons darurat. Analisis konseptual menegaskan bahwa RPM yang efektif harus memenuhi atribut pemantauan berkelanjutan, integrasi teknologi, kolaborasi multidisiplin, aksesibilitas, dan perawatan yang berpusat pada pasien. Kesimpulannya, IoT-RPM memiliki potensi besar untuk mewujudkan layanan kesehatan yang lebih proaktif, efisien, dan berpusat pada pasien, tetapi masih menghadapi tantangan terkait integrasi data yang lebih kaya, keamanan dan privasi, kesiapan infrastruktur, dan kebutuhan akan perubahan organisasi dan praktik keperawatan.

Kata kunci: Pemantauan Pasien Jarak Jauh, Internet of Things, Komputasi Fog, Telemonitoring Jantung, Keperawatan Onkologi, Tambahkan untuk tindak lanjut

INTRODUCTION

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) dalam layanan kesehatan telah mendorong lahirnya berbagai bentuk *Remote Patient Monitoring* (RPM) yang memungkinkan pemantauan kondisi pasien secara kontinu di luar pengawasan langsung tenaga medis melalui integrasi sensor, perangkat tertanam, jaringan komunikasi, dan *Platform* pengolahan data terdistribusi [1] [2] [3]. Pemanfaatan IoT dalam RPM dipandang strategis untuk menjawab tantangan sistem kesehatan modern, khususnya peningkatan jumlah pasien dengan penyakit kronis dan keterbatasan sumber daya tenaga kesehatan, yang menyebabkan pemantauan manual berisiko menimbulkan keterlambatan deteksi kondisi klinis yang kritis [1] [4]. Dalam konteks penyakit kanker, kompleksitas gejala, fluktuasi kondisi pasien, serta efek samping terapi menuntut pemantauan berkelanjutan guna mendukung deteksi dini komplikasi, mempertahankan kualitas hidup pasien, dan memungkinkan intervensi klinis yang tepat waktu [5].

Sejumlah penelitian pengembangan sistem menunjukkan bahwa penerapan IoT pada RPM memungkinkan integrasi sensor biomedis, mikrokontroler, konektivitas nirkabel, serta aplikasi berbasis web atau *mobile* untuk membangun sistem pemantauan pasien yang bersifat *real-time*, adaptif, dan dapat diakses jarak jauh [1] [2] [3]. Sistem *monitoring* pasien berbasis IoT memungkinkan akuisisi dan visualisasi data fisiologis secara kontinu sehingga tenaga kesehatan dapat melakukan evaluasi klinis secara cepat dan berbasis data [1]. Namun demikian, keberhasilan implementasi RPM berbasis IoT sangat bergantung pada pemilihan arsitektur sistem, protokol komunikasi, serta strategi pengelolaan data yang mempertimbangkan aspek keandalan, keamanan, dan interoperabilitas dengan sistem informasi layanan kesehatan yang telah ada [2] [3].

Dalam mengatasi permasalahan latensi, skalabilitas, dan efisiensi lalu lintas data, pendekatan *fog-IoT* dikembangkan dengan menambahkan lapisan pemrosesan di dekat pasien sehingga sebagian data dapat diproses secara lokal sebelum diteruskan ke *cloud* [6] [7]. Arsitektur *fog-IoT* terbukti mampu menurunkan latensi dan meningkatkan *throughput* sistem dibandingkan pendekatan *cloud-centric*, sehingga lebih sesuai untuk implementasi RPM dengan jumlah perangkat dan volume data yang besar [6]. Pada tingkat organisasi layanan kesehatan, penerapan RPM berbasis IoT dan jaringan berdaya rendah pada layanan kardiovaskular yang dikombinasikan dengan *Business Process Re-engineering* (BPR) menunjukkan peningkatan efisiensi alur pelayanan, pengurangan waktu tunggu pasien, serta integrasi informasi klinis melalui sistem informasi manajemen rumah sakit [4].

Pada perspektif konseptual, analisis RPM pada pasien kanker mengidentifikasi atribut utama berupa pemantauan berkelanjutan, integrasi teknologi, kolaborasi multidisipliner, aksesibilitas layanan, dan pendekatan perawatan yang berpusat pada pasien [5]. Atribut-atribut tersebut dikaitkan dengan luaran positif seperti deteksi dini komplikasi, peningkatan hasil kesehatan, efisiensi biaya perawatan, serta peningkatan keterlibatan dan pemberdayaan pasien dalam pengelolaan kesehatannya [5]. Hal ini menegaskan bahwa RPM tidak hanya merupakan solusi teknis untuk pengumpulan data fisiologis, tetapi juga sebuah model layanan kesehatan digital yang menuntut kesiapan infrastruktur, kebijakan organisasi, serta peran aktif tenaga kesehatan dalam interpretasi data dan koordinasi interprofesional [4] [5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel *review* ini bertujuan untuk mensintesis dan menganalisis implementasi IoT dalam *Remote Patient Monitoring* berdasarkan lima studi kunci yang mencakup perancangan sistem *monitoring* pasien berbasis IoT, pengembangan arsitektur *fog-IoT* untuk RPM, rekayasa ulang proses layanan kardiovaskular berbasis RPM, serta pemurnian konsep RPM pada pasien kanker sebagai landasan pengembangan praktik dan kebijakan layanan kesehatan digital [1] [2] [6] [4] [5] [3]. Sintesis ini diharapkan dapat memberikan landasan teoretis dan praktis bagi pengembangan sistem RPM berbasis IoT yang aman, responsif, dan berpusat pada pasien di berbagai konteks layanan kesehatan [3].

RESEARCH METHODS

a. Analisis Masalah

Analisis permasalahan memusatkan perhatian pada tiga aspek utama, yaitu keterbatasan metode pemantauan manual di lingkungan klinis, kebutuhan akan rekayasa ulang proses pelayanan kardiovaskular, serta hambatan konseptual dan komunikasi yang muncul dalam implementasi *Remote Patient Monitoring* (RPM) pada pasien dengan penyakit kronis. Dari perspektif teknis, isu yang paling signifikan adalah bahwa pemantauan tanda vital serta kondisi terapi masih bergantung pada observasi berkala oleh perawat, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kondisi klinis dan menambah beban kerja tenaga kesehatan. Kondisi ini sejalan dengan temuan studi penerapan IoT di fasilitas layanan kesehatan, yang menunjukkan bahwa sistem pemantauan tanda vital otomatis mampu meminimalkan kesalahan pencatatan manual serta mengurangi beban kerja medis [8] [9].

Pada level proses, layanan kardiovaskular yang belum didukung oleh teknologi IoT dan sistem informasi yang terintegrasi umumnya menghadapi waktu tunggu yang lebih lama, alur rujukan yang kurang efisien, serta koordinasi antar-unit yang tidak optimal. Hal serupa ditegaskan pula dalam kajian mengenai integrasi IoT di rumah sakit, yang menyoroti pentingnya integrasi data lintas unit untuk mempercepat pengambilan keputusan klinis. Di sisi lain, pada ranah konseptual dan keperawatan, penerapan RPM menuntut penataan ulang peran perawat, peningkatan partisipasi pasien, serta komunikasi klinis yang efektif agar teknologi benar-benar memperkuat prinsip perawatan berpusat pada pasien [10].

Selain itu, isu seperti interoperabilitas perangkat dan keamanan data dalam penerapan IoT kesehatan juga banyak diangkat karena berpotensi memengaruhi tingkat kepercayaan dan efektivitas layanan, terutama ketika data pasien ditransmisikan secara kontinu melalui jaringan nirkabel dan *Platform* komputasi awan maupun *fog*. Hal ini konsisten dengan berbagai kajian yang menyoroti kebutuhan akan mekanisme keamanan *end-to-end* dan standar interoperabilitas pada solusi IoT medis [11] [12].

Dalam mengatasi permasalahan tersebut, *review* ini mengkaji bagaimana setiap penelitian merumuskan solusi berbasis IoT, termasuk perancangan sistem pemantauan infus dan kondisi pasien, pengembangan *Platform* IoT atau *fog-IoT* dan IoMT, pemodelan ulang alur layanan kardiovaskular, serta pendalaman konsep RPM beserta implikasinya terhadap praktik keperawatan. Temuan dalam literatur terkini juga menegaskan bahwa integrasi IoT dan RPM memungkinkan pemantauan berkesinambungan pada pasien dengan penyakit kronis serta mendukung deteksi dini kondisi kritis melalui mekanisme *monitoring* secara *real-time*. Hal ini sejalan dengan berbagai ulasan yang memetakan peran IoT dalam pemantauan pasien dari rumah dan manajemen penyakit kronis [13].

b. Analisis Arsitektur Sistem

Analisis arsitektur dilakukan melalui pemetaan desain sistem IoT-RPM yang dipaparkan dalam studi pengembangan perangkat maupun pemodelan proses, kemudian dikaitkan dengan kerangka konseptual RPM pada pengelolaan penyakit kronis. Secara keseluruhan, arsitektur yang dianalisis menunjukkan pola berlapis yaitu : [14]

1. **Lapisan perangkat dan sensor** mencakup penggunaan sensor detak jantung, suhu tubuh, tekanan darah, saturasi oksigen, serta sensor level cairan infus yang terhubung ke mikrokontroler atau sistem tertanam seperti ESP32 atau *node edge* lainnya [10].
2. **Lapisan komunikasi** menyediakan transmisi data melalui Wi-Fi, jaringan seluler, atau kombinasi *cloud-fog/edge* menuju *server* lokal, *platform* komputasi awan, atau aplikasi

pemantauan, dengan tujuan mencapai latensi rendah dan tingkat keamanan yang memadai. Penerapan *fog* atau *edge computing* pada Platform RPM terbukti mampu menurunkan latensi, meningkatkan responsivitas sistem, dan mendukung pemrosesan data secara *real-time* dalam pengaturan *remote health monitoring* [15] [16].

3. **Lapisan aplikasi dan layanan** berfungsi menyajikan informasi kepada tenaga kesehatan melalui *dashboard*, grafik, dan alarm; mengelola notifikasi; serta memfasilitasi integrasi dengan sistem informasi rumah sakit dan alur layanan klinis, seperti yang dijelaskan pada model BPR layanan jantung dan implementasi *dashboard mobile/web* untuk RPM [13].

Arsitektur proses layanan dievaluasi dengan memetakan pemanfaatan data yang dihasilkan sistem IoT dalam alur operasional rumah sakit, termasuk pada layanan kardiovaskular untuk penjadwalan, triase, pemantauan, hingga tindak lanjut klinis. Kerangka konseptual RPM yang mencakup pemantauan berkelanjutan, integrasi teknologi, kolaborasi interprofesional, peningkatan akses layanan, serta pendekatan perawatan berpusat pada pasien digunakan sebagai dasar untuk menilai sejauh mana arsitektur teknis yang ditelaah selaras dengan prinsip-prinsip *telehealth* dan kebutuhan pasien kanker maupun pasien kronis lainnya. Analisis ini dilengkapi dengan bukti tambahan bahwa arsitektur IoT modern di layanan kesehatan perlu mengakomodasi skalabilitas, keamanan, serta integrasi lintas sistem [9].

c. Perancangan Metode dan Pemrosesan Data

Perancangan metode diuraikan melalui rangkaian langkah pemecahan masalah yang, dalam konteks kajian ini, direpresentasikan sebagai diagram konseptual yang menggambarkan alur data serta konfigurasi perangkat keras pada sistem IoT-RPM di tiap studi. Secara keseluruhan, tahapan pemrosesan data pada sistem IoT-RPM yang ditinjau dapat dirumuskan sebagai berikut [14] :

1. **Akuisisi data**, yaitu sensor merekam parameter fisiologis pasien (detak jantung, suhu tubuh, tekanan darah, saturasi oksigen) maupun variabel proses layanan (status infus, lokasi pasien), kemudian mengirimkan data mentah ke mikrokontroler atau node *edge/fog* untuk pemrosesan awal [10].
2. **Pra-pemrosesan**, yaitu pada level perangkat atau *fog* dilakukan penyaringan sinyal, reduksi *noise*, perhitungan nilai rata-rata atau fitur turunan, serta penerapan batas ambang tertentu untuk meningkatkan reliabilitas sistem. Pada perangkat dengan kapasitas komputasi terbatas seperti *wearable* atau *node* baterai, arsitektur *fog-assisted* yang memindahkan sebagian beban komputasi ke node *fog* dilaporkan meningkatkan efisiensi energi dan memungkinkan pemrosesan langsung di dekat sumber data, sehingga mendukung operasi jangka panjang tanpa mengurangi akurasi [17] [12].
3. **Transmisi data**, yaitu data hasil pra-pemrosesan dikirimkan melalui jaringan nirkabel menuju *server* lokal, *Platform cloud*, atau sistem informasi rumah sakit, sehingga dapat diakses secara *real-time* oleh tenaga kesehatan yang berwenang [13].
4. **Analisis dan notifikasi**, yaitu aplikasi klinis memeriksa nilai pengukuran terhadap batas klinis atau aturan layanan, lalu menghasilkan notifikasi berupa alarm lokal (*buzzer*), pesan aplikasi (misalnya Telegram atau notifikasi *mobile*), atau tampilan visual pada *dashboard* untuk mendukung pengambilan keputusan. Sistem IoT-RPM generasi terbaru bahkan memanfaatkan analitik otomatis dan teknik kecerdasan buatan untuk mendeteksi anomali atau kondisi kritis secara lebih dini [18] [14].
5. **Tindak lanjut klinis**, yaitu perawat dan dokter merespons notifikasi melalui penilaian klinis, penyesuaian terapi, eskalasi kasus bila dibutuhkan, serta penyampaian informasi dan edukasi kepada pasien maupun keluarga melalui komunikasi yang efektif, sebagaimana ditekankan dalam kerangka konseptual RPM untuk pasien kanker [9].

Desain perangkat keras dijabarkan melalui pengaturan hubungan antara sensor, mikrokontroler, modul komunikasi (Wi-Fi, seluler, atau LPWAN), serta aktuator seperti pengatur laju tetesan infus dan perangkat peringatan visual atau audio. Rancangan ini kemudian dihubungkan dengan tuntutan

integrasi ke jaringan dan sistem informasi rumah sakit yang lebih luas. Hal ini sejalan dengan panduan dan ulasan terbaru yang menyoroti peran IoT sebagai tulang punggung infrastruktur kesehatan digital masa depan [10].

d. Sintesis Metode

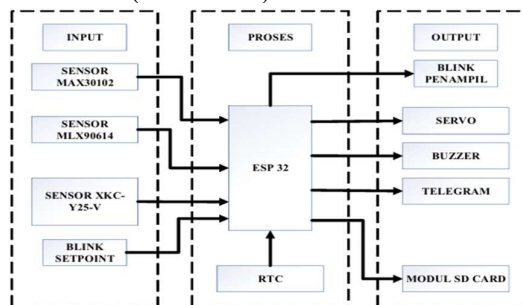
Pada tahap akhir, temuan dari analisis masalah, arsitektur sistem, serta alur pemrosesan data dan desain perangkat keras diintegrasikan untuk membentuk model konseptual IoT-RPM yang mengaitkan tiga dimensi utama: rancangan teknis sistem pemantauan pasien, alur proses dan kebijakan layanan kardiovaskular, serta konseptualisasi RPM dalam pengelolaan penyakit kronis termasuk kanker beserta implikasinya terhadap praktik keperawatan dan komunikasi klinis. Model sintesis ini digunakan untuk mengidentifikasi keunggulan, keterbatasan, dan peluang pengembangan sistem IoT-RPM yang lebih terintegrasi, aman, responsif, serta berorientasi pada kebutuhan pasien. Selain itu, literatur kontemporer menunjukkan bahwa pemanfaatan IoT dalam layanan kesehatan berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional, pengurangan beban kerja tenaga kesehatan, serta deteksi dini perubahan kondisi pasien. Hal ini konsisten dengan berbagai laporan yang menyoroti optimalisasi IoT untuk peningkatan *monitoring* kesehatan dan pengelolaan pasien di berbagai *setting* [9].

RESULT

Analisis terhadap kelima jurnal menunjukkan bahwa implementasi IoT untuk RPM dibuat dari tiga perspektif utama: desain dan kinerja sistem *monitoring* pasien berbasis sensor dan mikrokontroler, arsitektur jaringan cerdas berbasis *fog*-IoT, serta rekayasa ulang proses bisnis rumah sakit dan pemurnian konsep RPM untuk penyakit kronis seperti kanker. Gambar dan tabel yang disajikan dalam masing-masing artikel memperjelas hubungan antara komponen teknis, alur informasi, dan dampak terhadap kualitas layanan.

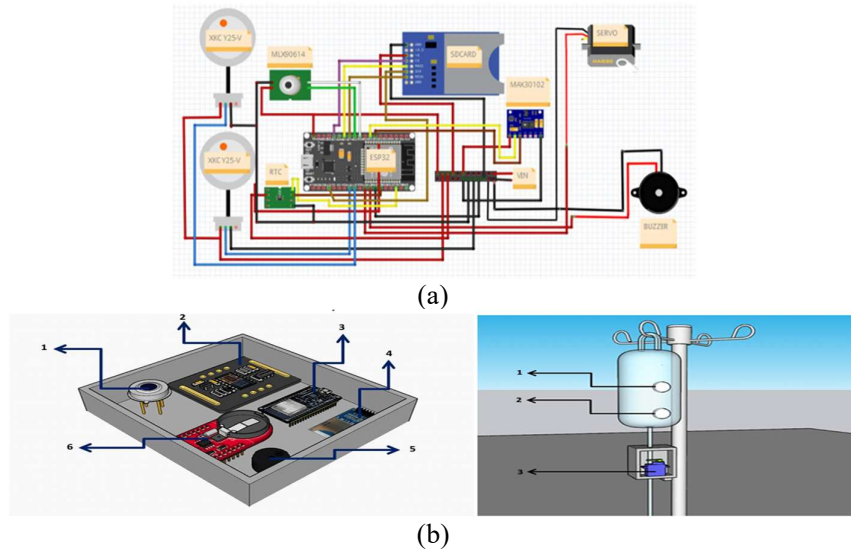
a. Hasil Sistem *Monitoring* Pasien Berbasis IoT

Pada artikel “Sistem *Monitoring* Kondisi Pasien Berbasis *Internet of Things*”, Gambar 1 memvisualisasikan arsitektur perangkat yang terdiri dari sensor detak jantung MAX30102, sensor suhu tubuh MLX90614, sensor *level* infus XKC-Y25-V, mikrokontroler ESP32, modul RTC, modul SD *card*, *buzzer*, motor servo, serta koneksi ke aplikasi Blynk dan bot Telegram. Diagram ini menunjukkan bahwa seluruh proses akuisisi, pemrosesan, penyimpanan lokal, dan pengiriman notifikasi dirangkai dalam satu *platform* IoT sehingga sistem mampu menjalankan pemantauan *real-time* sekaligus kontrol aktuator (servo infus) dan alarm.



Gambar 1. Diagram Blok [1]

Gambar 2 menjelaskan bagaimana sensor suhu dan detak jantung ditempatkan pada tubuh pasien, sensor *level* cairan dipasang di botol infus, dan motor servo menekan selang infus untuk mengatur laju tetesan, dengan seluruh komponen terhubung ke ESP32 dalam kotak protektif. Rangkaian ini memperlihatkan bahwa RPM di tingkat *bedside* dapat diwujudkan dalam bentuk prototipe praktis yang siap dipasang di tiang infus standar dan diakses melalui smartphone tenaga medis.



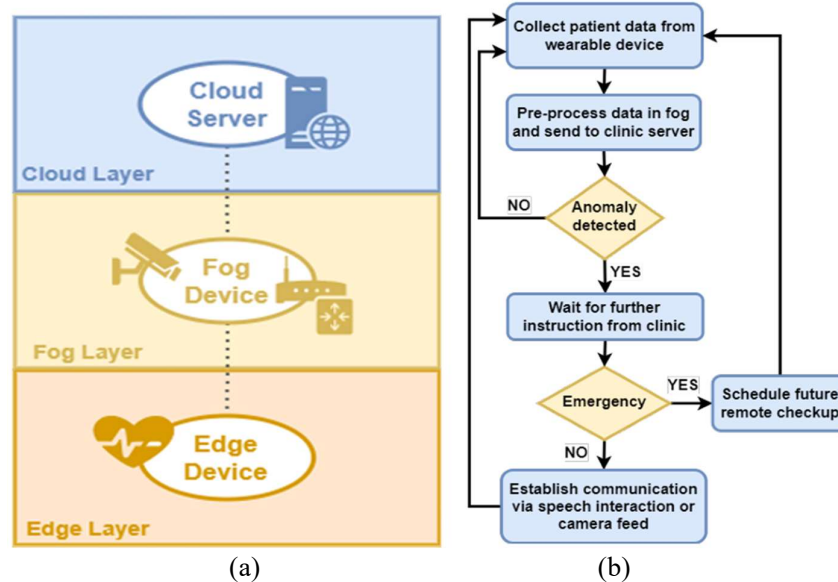
Gambar 2. (a) *Wiring Diagram* (b) *Desain Tata Letak Hardware* [1]

Bagian hasil juga menampilkan beberapa tabel pengujian, di antaranya tabel rangkaian dasar sistem, tabel hasil uji akurasi sensor MLX90614 dan MAX30102, serta tabel waktu respons notifikasi untuk setiap sensor. Tabel akurasi menunjukkan bahwa rata-rata *error* suhu sekitar 1,18 °C dan rata-rata *error* detak jantung sekitar 3,64 bpm bila dibandingkan dengan alat referensi klinis, sedangkan tabel respons notifikasi mencatat waktu kirim *alert* ke Telegram berkisar 3–7 detik dengan rata-rata sekitar 4–5 detik tergantung jenis sensor dan kondisi jaringan. Tabel pengujian sensor XKC-Y25-V memperlihatkan bahwa sensor level infus lebih cepat merespons saat cairan mendekati level kritis (20%) dibanding level menengah (50%), sehingga sistem lebih sensitif ketika risiko bahaya (masuknya udara) meningkat. Temuan tabel dan gambar ini mendukung argumen bahwa IoT dapat meningkatkan kecepatan deteksi perubahan kondisi pasien dan mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual.

Artikel “*Implementing Internet of Things in a Remote Patient ...*” melengkapi sudut pandang prototipe dengan menampilkan diagram arsitektur sistem RPM yang lebih generik. Gambar arsitektur yang disajikan menggambarkan aliran data dari sensor yang melekat pada pasien, melalui modul komunikasi (Wi-Fi, GSM, atau LPWAN), menuju *server* atau *cloud* yang menjalankan fungsi penyimpanan, visualisasi, dan notifikasi. Artikel ini juga menyajikan tabel spesifikasi komponen dan hasil pengujian dasar seperti keandalan koneksi dan konsumsi daya, yang menegaskan pentingnya pemilihan protokol dan perangkat keras yang sesuai untuk menjamin ketersediaan data RPM secara kontinu dalam konteks rumah maupun komunitas.

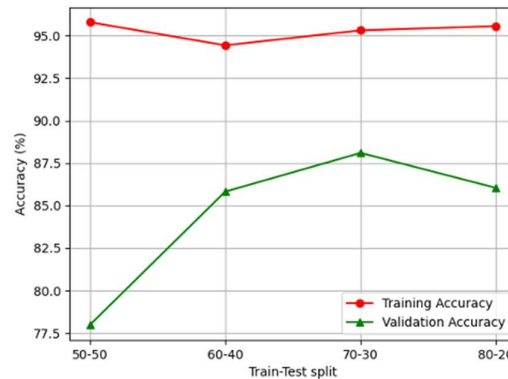
b. Hasil Platform fog-IoT untuk RPM

Artikel “*Improving Remote Patient Monitoring Systems Using a Fog-based IoT Platform with Speech Recognition*” menyajikan beberapa gambar arsitektur dan grafik kinerja yang relevan dengan tema efisiensi dan keamanan jaringan RPM.



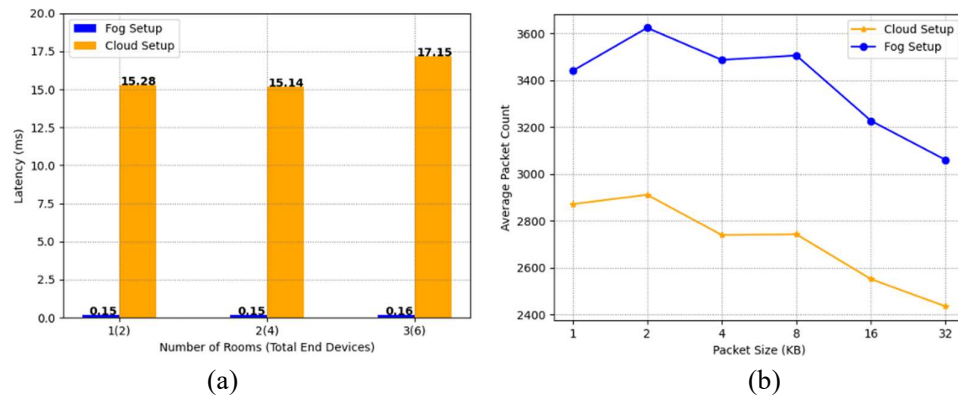
Gambar 3. (a) Hierarki Jaringan (b) Alur Desain Umum [6]

Gambar hirarki jaringan menggambarkan struktur tiga lapis yang terdiri dari *edge devices* (Raspberry Pi dan perangkat audio), *fog device* (NVIDIA Jetson TX1), dan *cloud server*, di mana *fog* berfungsi sebagai lapisan pengolah awal dan *filter* data sebelum informasi dikirim ke *cloud*. Gambar alur desain umum memperlihatkan alur kerja mulai dari perekaman suara pasien, klasifikasi kata kunci dengan model CNN, aktivasi kamera untuk *tele-checkup*, hingga penyimpanan data terfilter di *server*, sehingga RPM tidak hanya pasif mengumpulkan data vital, tetapi juga menyediakan kanal interaksi audio-visual yang responsif.



Gambar 4. Akurasi model di bawah pembagian dataset yang berbeda-beda

Grafik akurasi model menampilkan kurva akurasi training dan validation untuk berbagai pembagian data (misalnya 50–50, 70–30), dengan hasil terbaik menunjukkan akurasi pelatihan sekitar 95% dan akurasi validasi sekitar 88% ketika seluruh 30 label pada *Speech Commands dataset* digunakan. Grafik ini menunjukkan bahwa modul pengenalan suara cukup andal untuk mengenali perintah sederhana, sehingga cocok dijadikan antarmuka interaktif pada *Platform RPM* yang ingin meminimalkan input manual dari pasien.

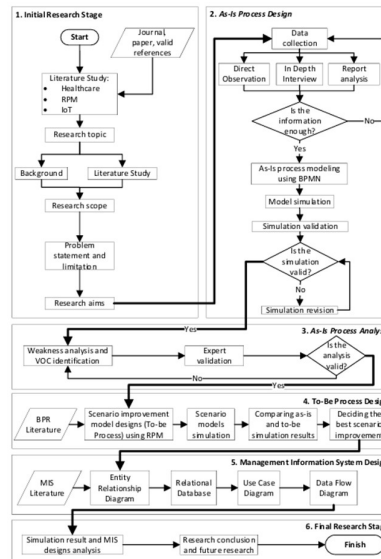


Gambar 5. (a) Rata - rata Latensi (b) Jumlah Paket Rata - rata

Kedua gambar grafik diatas menyajikan hasil pengujian latensi dan *throughput* pada dua konfigurasi, yaitu *cloud* murni dan *fog*-IoT. Grafik latensi menunjukkan bahwa waktu tunda *round-trip* pada konfigurasi *cloud* meningkat tajam seiring bertambahnya jumlah perangkat ujung, sementara konfigurasi *fog* mempertahankan latensi yang jauh lebih rendah karena sebagian proses dipindahkan ke *fog device*. Grafik *throughput* menampilkan penurunan jumlah paket per menit ketika ukuran paket meningkat, tetapi penurunan tersebut jauh lebih tajam pada konfigurasi *cloud* dibanding *fog* karena *fog* menyediakan lebih banyak “jendela” penerimaan paket melalui *server* lokal. Kedua grafik ini menguatkan bahwa penambahan lapisan *fog* pada arsitektur IoT dapat meningkatkan kelayakan RPM untuk skala besar, terutama ketika jumlah sensor dan volume data tinggi.

c. Hasil Rekayasa Proses Pelayanan Jantung Berbasis RPM

Dalam artikel Antonius & Dachyar, beberapa gambar dan tabel menggambarkan bagaimana RPM berbasis IoT dan LPWAN mengubah alur layanan kardiologi di rumah sakit melalui *Business Process Re-engineering* (BPR).



Gambar 5. Metodologi Penelitian [4]

Gambar metodologi penelitian memetakan alur dari studi literatur, pemodelan proses *As-Is* menggunakan BPMN, simulasi dengan iGrafx, identifikasi *Voice of Customer*, perancangan skenario *To-Be* dengan RPM, hingga desain sistem informasi manajemen (ERD, DFD, dan *relational database*).

Gambar proses *As-Is* rawat jalan jantung dan gawat darurat menunjukkan proses yang panjang dengan banyak aktivitas serial, *bottleneck* di bagian rekam medis, klinik, dan terapi, serta pengulangan pemasangan alat dan pencatatan manual. Dalam skenario *To-Be* rawat jalan dan skenario gawat, gambar BPMN memperlihatkan penambahan aktivitas terkait RPM dan *multiple*

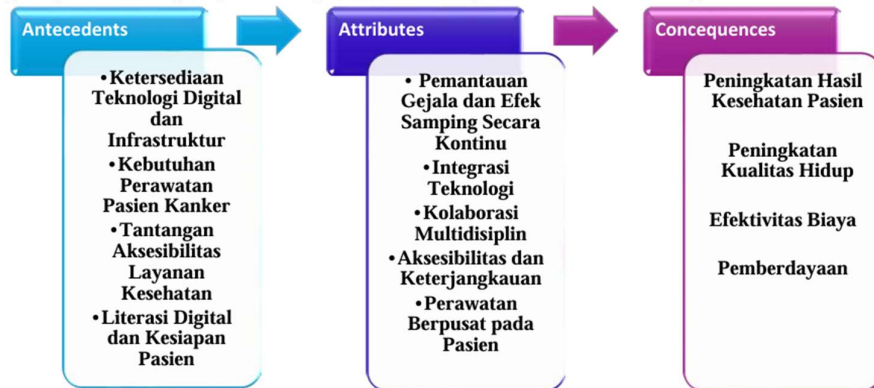
vital detection, paralelisasi beberapa langkah (misalnya akuisisi data vital *real-time* sebelum pasien tiba di rumah sakit), serta integrasi *Electronic Health Record* dan *database relasional* sehingga data dapat diakses lintas unit.

Tabel simulasi kapasitas dan waktu kerja rawat jalan menunjukkan bahwa skenario *To-Be* ke-6 yang menggabungkan RPM, EHR, *relational database*, dan penambahan staf menghasilkan peningkatan kapasitas sekitar 52,94% dan penurunan rata-rata waktu kerja sekitar 21,70% dibanding proses awal. Tabel simulasi layanan gawat darurat menunjukkan bahwa skenario ke-3 yang menambahkan RPM, *multiple vital detection*, dan *database* mampu mengurangi waktu kerja *end-to-end* sekitar 19,12%, yang berarti respons terhadap kasus kardiovaskular akut dapat dipercepat tanpa menambah kompleksitas administrasi secara signifikan. Gambar *context diagram* dan DFD level 0 menggambarkan aliran data baru yang mencakup entitas RPM, *remote notification*, dan data kondisi pasien secara *real-time*, yang menegaskan bahwa RPM menjadi bagian integral dari sistem informasi rumah sakit, bukan modul terpisah.

d. Hasil Analisis Konsep RPM pada Pasien Kanker

Artikel analisis konsep “*Remote Patient Monitoring* pada Pasien Kanker” menyajikan beberapa tabel konseptual. Tabel definisi konsep RPM mengumpulkan definisi dari 18 sumber lintas disiplin (kedokteran, keperawatan, ilmu kesehatan, teknologi informasi, dan hukum kesehatan), yang secara visual menunjukkan variasi penekanan: ada yang menekankan pengumpulan data vital, ada yang menyoroti komunikasi dan pendidikan pasien, dan ada yang fokus pada integrasi dengan EHR dan portal pasien.

Tabel atribut konsep RPM memetakan lima klaster utama, yaitu pemantauan gejala dan efek samping secara berkelanjutan, integrasi teknologi, kolaborasi multidisipliner, aksesibilitas dan keterjangkauan, serta perawatan berpusat pada pasien. Tabel ini relevan untuk *review* karena membantu menghubungkan temuan teknis (misalnya integrasi sensor dan *platform fog-IoT*) dengan dimensi pelayanan dan pengalaman pasien (misalnya aksesibilitas dan *patient-centered care*).



Gambar 6. Faktor Penyebab, Atribut, dan Akibat Pemantauan Pasien Jarak Jauh [5]

Selain itu, gambar diatas memperlihatkan bagaimana ketersediaan infrastruktur digital, kebutuhan kompleks pasien kanker, hambatan akses layanan, dan literasi digital menjadi faktor pendahulu yang mengarah pada implementasi RPM, dan pada gilirannya menghasilkan luaran berupa peningkatan hasil kesehatan, kualitas hidup, efisiensi biaya, dan pemberdayaan pasien.

Berdasarkan uraian hasil pada empat kelompok studi di atas, Tabel 1 menyajikan ringkasan karakteristik dan temuan utama dari kelima artikel yang direview mengenai implementasi IoT dan *fog computing* untuk *Remote Patient Monitoring* pada penyakit kardiovaskular dan kanker :

Tabel 1. Ringkasan Temuan Utama Sistem IoT–RPM, Arsitektur Fog-IoT, BPR Kardiovaskular, dan Konsep RPM Kanker

Aspek	Artikel / Sumber	Fokus / Objek Utama	Metode / Platform Teknis	Hasil Kuantitatif Utama	Implikasi terhadap RPM
Sistem monitoring IoT	Yanshen Sadaokta dkk. – Sistem <i>Monitoring Kondisi Pasien</i>	Prototipe bedside untuk <i>monitoring</i> detak jantung, suhu tubuh, dan level infus berbasis ESP32	Sensor MAX30102, MLX90614, XKC-Y25-V, ESP32, RTC, SD card, Blynk, bot Telegram, servo infus, buzzer	Error suhu rata-rata $\approx 1,18$ °C; error detak jantung $\approx 3,64$ bpm; waktu kirim notifikasi ke Telegram $\approx 3-7$ detik ($\pm 4-5$ detik)	Memungkinkan pemantauan <i>real-time</i> dan notifikasi otomatis sehingga mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual perawat.

	Berbasis IoT				
Sistem monitoring IoT	Ngonadi – <i>Implementing IoT in Remote Patient Medical Monitoring</i>	Desain umum RPM berbasis sensor yang ditempatkan pada pasien (rumah/komunitas)	Sensor vital → modul komunikasi (Wi-Fi/GSM/LPWA N) → <i>server/cloud</i> untuk penyimpanan, visualisasi, dan notifikasi	Tabel spesifikasi komponen dan uji keandalan koneksi serta konsumsi daya menunjukkan koneksi stabil dan konsumsi daya terukur.	Menekankan pentingnya pemilihan protokol dan perangkat keras untuk menjamin ketersediaan data RPM secara kontinu.
Platform fog-IoT	Baucas & Spachos – <i>Fog-based IoT Platform with Speech Recognition</i>	Platform RPM dengan pengenalan suara dan arsitektur berlapis <i>edge-fog-cloud</i>	Edge (Raspberry Pi, perangkat audio) – Fog (Jetson TX1) – <i>Cloud server</i> ; CNN untuk klasifikasi perintah suara	Akurasi pelatihan model suara $\approx 95\%$ dan akurasi validasi $\approx 88\%$; konfigurasi <i>fog</i> menunjukkan latensi lebih rendah dan <i>throughput</i> lebih baik dibanding <i>cloud</i> murni.	Mendemonstrasikan bahwa lapisan <i>fog</i> menurunkan latensi, meningkatkan <i>throughput</i> dan memungkinkan interaksi audio-visual responsif.
Rekayasa proses jantung	Antonius & Dachyar – <i>IoT design for cardiac RPM using BPR</i>	Redesain proses rawat jalan dan gawat darurat kardiovaskular dengan integrasi RPM dan sistem informasi rumah sakit	BPR dengan BPMN (<i>As-Is/To-Be</i>), simulasi iGrafx, desain EHR, ERD, DFD, dan <i>relational database</i> terintegrasi RPM	Skenario <i>To-Be</i> ke-6 rawat jalan: kapasitas $\uparrow \approx 52,94\%$, waktu kerja rata-rata $\downarrow \approx 21,70\%$; skenario gawat darurat: waktu kerja $\downarrow \approx 19,12\%$.	Menunjukkan bahwa integrasi RPM dan EHR dalam alur kerja klinis meningkatkan kapasitas dan mempercepat respons kardiovaskular akut.
Konsep RPM kanker	Prima dkk. – <i>Remote Patient Monitoring pada Pasien Kanker: Analisis Konsep</i>	Konseptualisasi RPM pada pasien kanker dan atribut pelayanan yang menyertainya	Analisis konsep dengan penggalan definisi, atribut, faktor penyebab, dan konsekuensi dari berbagai literatur	Tabel atribut memetakan 5 klaster: pemantauan berkelanjutan, integrasi teknologi, kolaborasi multidisipliner, aksesibilitas, dan <i>patient-centered care</i> .	Menegaskan bahwa keberhasilan RPM pada kanker bergantung pada integrasi teknologi, akses, serta perawatan yang benar-benar berpusat pada pasien.

DISCUSSION

Temuan dari kelima studi menegaskan bahwa IoT menawarkan fondasi yang kuat untuk mengatasi keterbatasan pemantauan manual dan fragmentasi proses layanan, namun pemanfaatannya baru optimal jika desain teknis, arsitektur jaringan, dan kerangka konseptual layanan diselaraskan. Prototipe *bedside* pada studi Yanshen membuktikan bahwa kombinasi sensor vital (detak jantung, suhu) dan sensor infus dengan ESP32, Blynk, dan Telegram dapat mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan berkala perawat dan mempercepat deteksi perubahan kondisi klinis melalui notifikasi otomatis dalam hitungan detik. Hal ini sejalan dengan studi implementasi IoT-RPM umum yang menekankan pentingnya pemilihan sensor, modul komunikasi, dan arsitektur sistem yang andal untuk mendukung pemantauan berkelanjutan di rumah maupun di fasilitas kesehatan.

Di sisi lain, studi *fog-IoT* menunjukkan bahwa masalah baru muncul ketika jumlah perangkat dan volume data meningkat, khususnya terkait latensi, beban *server*, dan privasi data. Penggunaan *fog device* sebagai lapisan pemrosesan antara *end devices* dan *cloud* terbukti menurunkan latensi dan meningkatkan *throughput* dibanding arsitektur *cloud* murni, sekaligus memungkinkan filtrasi data sebelum dikirim ke *server*. Temuan ini melengkapi studi dan dengan menunjukkan bahwa solusi RPM skala besar tidak cukup hanya mengandalkan integrasi sensor dan *cloud*, tetapi memerlukan desain jaringan berlapis (*edge/fog/cloud*) untuk menjaga kualitas layanan ketika sistem diperluas ke banyak pasien.

Dari perspektif organisasi, penelitian BPR di layanan kardiovaskular menegaskan bahwa keberhasilan IoT-RPM tidak hanya ditentukan oleh perangkat keras dan jaringan, tetapi juga oleh redesign proses dan sistem informasi rumah sakit. Skenario *To-Be* yang menggabungkan RPM, EHR, *relational database*, dan penambahan tenaga kerja memperlihatkan peningkatan kapasitas layanan rawat jalan lebih dari 50% dan penurunan waktu kerja sekitar 20%, serta pengurangan waktu respons gawat darurat hampir 20%. Angka ini menunjukkan bahwa data *real-time* dari sistem RPM benar-benar dimanfaatkan dalam alur penjadwalan, triase, dan tindak lanjut, bukan sekadar “data tambahan” yang berdiri terpisah dari proses klinis. Namun, studi ini juga mengimplikasikan kebutuhan investasi yang tidak kecil pada sisi SDM, infrastruktur sistem informasi, dan manajemen perubahan organisasi.

Analisis konseptual RPM pada pasien kanker memperluas diskusi dengan menempatkan pemantauan berkelanjutan dan integrasi teknologi hanya sebagai dua dari lima atribut kunci RPM, di

sampling kolaborasi multidisipliner, aksesibilitas/keterjangkauan, dan perawatan berpusat pada pasien. Atribut-atribut ini mengingatkan bahwa sistem RPM yang dirancang murni dari sudut pandang teknis berisiko gagal jika tidak mempertimbangkan literasi digital pasien, hambatan geografis dan finansial, serta kebutuhan dukungan psikososial dalam pengelolaan penyakit kronis. Dalam konteks ini, peran perawat sebagai penghubung antara data digital dan pengalaman pasien menjadi sentral: perawat tidak hanya membaca *dashboard*, tetapi juga menginterpretasi pola gejala, mengomunikasikan temuan kepada tim interprofesional, dan memfasilitasi penggunaan teknologi oleh pasien dan keluarga.

Sintesis kelima studi menunjukkan beberapa celah dan peluang pengembangan. Pertama, integrasi teknis antara *platform fog-IoT* dan alur proses rumah sakit yang telah direkayasa ulang masih jarang dilaporkan secara menyeluruh; sebagian besar studi memisahkan evaluasi performa jaringan (latensi, *throughput*) dari evaluasi dampak organisasi (kapasitas, waktu tunggu, *outcome* klinis). Kedua, walaupun konsep RPM pada pasien kanker menyoroti pentingnya pemantauan gejala subjektif, dukungan psikososial, dan pemberdayaan pasien, prototipe teknis yang dikaji masih berfokus pada tanda vital dan status infus, sehingga integrasi *patient-reported outcomes* dan antarmuka yang lebih komunikatif menjadi agenda riset yang penting. Ketiga, isu keamanan dan privasi sudah disinggung dalam studi *fog-IoT* dan implementasi IoT-RPM umum, namun belum banyak dibahas bagaimana mekanisme tersebut dioperasionalkan dalam konteks regulasi dan etika lokal di fasilitas kesehatan.

Secara keseluruhan, diskusi ini menunjukkan bahwa implementasi IoT-RPM yang matang menuntut pendekatan sosio-teknis: mulai dari pemilihan dan integrasi sensor, desain arsitektur jaringan berlapis (*edge-fog-cloud*), dan redesain proses klinis, hingga penajaman peran perawat dan keterlibatan aktif pasien dalam penggunaan teknologi. Kombinasi perangkat keras yang tepat, arsitektur jaringan yang efisien, proses layanan yang diperbarui, dan kerangka konseptual yang benar-benar berpusat pada pasien menjadi kunci untuk memanfaatkan IoT-RPM sebagai instrumen peningkatan keselamatan, efisiensi, dan kualitas hidup pasien dengan penyakit kardiovaskular maupun kanker.

CONCLUSION

Tinjauan ini menyimpulkan bahwa penerapan *Remote Patient Monitoring* (RPM) berbasis *Internet of Things* (IoT) memberikan manfaat yang jelas dalam meningkatkan keberlanjutan dan kecepatan respons pemantauan pasien, namun sekaligus menampilkan sejumlah keterbatasan teknis, organisasional, dan konseptual yang perlu diatasi agar adopsinya dapat lebih luas. Studi prototipe di sisi tempat tidur pasien menunjukkan bahwa integrasi sensor detak jantung, suhu tubuh, dan level infus dengan mikrokontroler serta *dashboard mobile* memungkinkan pemantauan *real-time*, pengiriman peringatan otomatis dalam hitungan detik, dan otomasi parsial pengendalian infus, sehingga mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan manual berkala dan menurunkan risiko keterlambatan respons klinis.

Pada tingkat jaringan, *platform fog-IoT* membuktikan bahwa penambahan lapisan *fog* di antara perangkat ujung dan *cloud* secara signifikan menurunkan latensi dan meningkatkan *throughput* dibanding arsitektur *cloud* saja, sekaligus menyediakan ruang untuk filtrasi dan pra-pemrosesan data yang krusial ketika jumlah pasien dan volume data yang dimonitor semakin besar. Dari sisi organisasi, rekayasa ulang layanan kardiovaskular dengan mengintegrasikan RPM, rekam medis elektronik, dan basis data relasional ke dalam alur kerja rumah sakit menghasilkan peningkatan kapasitas layanan, penurunan waktu kerja dan waktu respons gawat darurat, serta pemanfaatan data *real-time* yang lebih baik dalam penjadwalan, triase, dan tindak lanjut. Secara konseptual, analisis RPM pada pasien kanker menekankan bahwa manfaat jangka panjang dalam pengelolaan penyakit kronis tidak hanya bergantung pada pemantauan berkelanjutan dan integrasi teknologi, tetapi juga pada kolaborasi multidisipliner, aksesibilitas dan keterjangkauan layanan, serta perawatan berpusat pada pasien yang memperhatikan literasi digital, kebutuhan psikososial, dan peran perawat yang meluas dalam interpretasi data serta koordinasi perawatan.

Di sisi lain, tinjauan ini juga mengidentifikasi beberapa kelemahan. Sebagian besar implementasi teknis masih berfokus pada himpunan parameter fisiologis yang terbatas dan belum sepenuhnya mengintegrasikan luaran yang dilaporkan pasien, indikator psikososial, maupun dukungan pengambilan keputusan cerdas yang sangat penting untuk menangani kondisi kronis kompleks seperti kanker. Arsitektur *fog-IoT* dan *cloud* yang dievaluasi umumnya diuji dalam lingkungan terkendali dan skala uji coba kecil, sehingga kinerja dan keandalannya dalam jaringan rumah sakit yang besar, heterogen, serta terikat regulasi ketat masih perlu divalidasi lebih lanjut. Skenario perubahan

organisasional yang mengombinasikan RPM dengan *Business Process Re-engineering* memang menunjukkan peningkatan efisiensi, tetapi membutuhkan investasi signifikan pada sumber daya manusia, sistem informasi, dan manajemen perubahan, yang tidak selalu mudah dipenuhi oleh semua fasilitas layanan kesehatan. Kajian konseptual mengenai RPM telah memperjelas atribut dan konsekuensi utama, namun belum sepenuhnya menjembatani kesenjangan antara kerangka normatif dan panduan implementasi praktis yang mengakomodasi isu interoperabilitas, keamanan data, dan etika dalam konteks lokal.

Secara keseluruhan, kelima studi yang direview mendukung pandangan bahwa IoT-RPM merupakan pengungkit penting bagi perawatan yang lebih proaktif, berbasis data, dan berpusat pada pasien untuk kasus kardiovaskular maupun kanker, sekaligus menegaskan bahwa penelitian dan pengembangan ke depan perlu difokuskan pada integrasi data klinis dan data pasien yang lebih kaya, penguatan arsitektur jaringan dan keamanan untuk penerapan dunia nyata, serta pembenaman RPM ke dalam jalur klinis dan praktik keperawatan standar dengan cara yang memperkuat relasi terapeutik antara pasien dan tenaga kesehatan.

ACKNOWLEDGMENT

Terima kasih kepada para peneliti dan institusi yang menerbitkan lima artikel rujukan utama dalam bidang sistem *monitoring* pasien berbasis IoT, *platform fog-IoT*, rekayasa ulang proses layanan kardiovaskular, serta analisis konsep RPM pada pasien kanker, yang menjadi dasar ilmiah bagi analisis dan sintesis dalam jurnal *review* ini.

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan baik secara finansial, personal, maupun institusional yang dapat memengaruhi pelaksanaan, analisis, maupun pelaporan hasil jurnal *review* mengenai implementasi *Internet of Things* untuk *Remote Patient Monitoring* ini.

REFERENCES

- [1] A. R. 2025, Yanshen Sadaokta, Mariana Syamsudin, "SISTEM MONITORING KONDISI PASIEN BERBASIS INTERNET OF THINGS Yanshen," vol. 9, no. 10, pp. 1–12, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal.warunayama.org/kohesi>
- [2] I. V. Ngonadi, "Implementing Internet of Things in a Remote Patient Medical Monitoring System," *Int. J. Emerg. Res. Manag. Technol.*, vol. 6, no. 8, p. 159, 2018, doi: 10.23956/ijermt.v6i8.132.
- [3] S. M. R. Islam, D. Kwak, M. H. Kabir, M. Hossain, and K. S. Kwak, "The internet of things for health care: A comprehensive survey," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 678–708, 2015, doi: 10.1109/ACCESS.2015.2437951.
- [4] N. Antonius and M. Dachyar, "The internet of things (IoT) design for cardiac remote patient monitoring using business process re-engineering," *Proc. ICAE 2020 - 3rd Int. Conf. Appl. Eng.*, 2020, doi: 10.1109/ICAE50557.2020.9350378.
- [5] A. Prima, D. Gayatri, Y. Afiyanti, and C. Effendy, "Remote Patient Monitoring Pada Pasien Kanker: Analisis Konsep," *Media Kesehat. Politek. Kesehat. Makassar*, vol. 20, no. 1, pp. 192–206, 2025, doi: 10.32382/medkes.v20i1.1424.
- [6] M. J. Baucas and P. Spachos, "Improving Remote Patient Monitoring Systems Using a Fog-Based IoT Platform with Speech Recognition," *IEEE Sens. J.*, vol. 23, no. 15, pp. 17611–17618, 2023, doi: 10.1109/JSEN.2023.3287916.
- [7] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, "Fog computing and its role in the internet of things," *MCC'12 - Proc. 1st ACM Mob. Cloud Comput. Work.*, pp. 13–15, 2012, doi: 10.1145/2342509.2342513.
- [8] M. B. Santoso, "Pemantauan Vital Signs Untuk Pasien Covid-19 Dengan Mengintegrasikan Iot Device Dengan Standar Data Kesehatan," *J. Nas. Teknol. Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 68–80, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.61306/jnastek.v2i2.28>
- [9] S. Abdulmalek *et al.*, "IoT-Based Healthcare-Monitoring System towards Improving Quality of Life: A Review," *Healthc.*, vol. 10, no. 10, 2022, doi: 10.3390/healthcare10101993.
- [10] P. Merugu, A. C. P. Ranjani, R. K. A. G. Y. Satish, and B. P. Kumar, "IoT-Based Remote Patient

- Monitoring Systems: A Machine Learning Approach to Predictive Healthcare,” *J. Neonatal Surg.*, vol. 14, no. 30S, pp. 280–291, 2025, [Online]. Available: <https://www.jneonatsurg.com/index.php/jns/article/view/6949>
- [11] R. R. D. N. Karamina and I. Ilham, “Smart Healthcare Dengan IoT: Implementasi dan Tantangan pada Sistem Kesehatan Berkelanjutan,” *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 226–232, 2025, doi: 10.32672/jnkti.v8i1.8413.
- [12] F. N. Al-Wesabi *et al.*, “Revolutionizing healthcare: An IoT-driven approach to remote patient health monitoring and management during the pandemic and beyond,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 126, no. March, pp. 358–367, 2025, doi: 10.1016/j.aej.2025.04.068.
- [13] K. Agali, M. Masrom, F. Abdul Rahim, and Y. Yahya, “IoT-based remote monitoring system: A new era for patient engagement,” *Healthc. Technol. Lett.*, vol. 11, no. 6, pp. 437–446, 2024, doi: 10.1049/htl2.12089.
- [14] Y. Andrayani, “IMPLEMENTATION OF THE INTERNET OF THINGS (IOT) IN REMOTE PATIENT MONITORING SYSTEMS IN HEALTHCARE FACILITIES,” vol. 3, no. 4, pp. 187–198, 2025.
- [15] X. Wang, Y. Ren, Z. Luo, W. He, J. Hong, and Y. Huang, “Deep learning-based EEG emotion recognition: Current trends and future perspectives,” *Front. Psychol.*, vol. 14, no. February, 2023, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1126994.
- [16] M. Alsabah *et al.*, “A comprehensive review on key technologies toward smart healthcare systems based IoT: technical aspects, challenges and future directions,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 58, no. 11, pp. 1–122, 2025, doi: 10.1007/s10462-025-11342-3.
- [17] D. Amiri *et al.*, “Optimizing energy efficiency of wearable sensors using fog-assisted control,” *Fog Comput. Theory Pract.*, pp. 245–268, 2020, doi: 10.1002/9781119551713.ch9.
- [18] K. Fahd, S. Parvin, A. Di Serio, and S. Venkatraman, “Secure Fog Computing for Remote Health Monitoring with Data Prioritisation and AI-Based Anomaly Detection,” 2025.