



Pemanfaatan *Wearable Device* dalam Pemantauan Kardiorespirasi pada Populasi Klinis: Tinjauan Literatur

Fitri Aulia Syahrani¹, Khairun Nisa Berawi², Suryadi Islami³, Syazili Mustofa⁴

¹ Mahasiswa, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
^{2,3,4} Dosen, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

Korespondensi: Fitri Aulia Syahrani, alamat Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No. 1, Kota Bandar Lampung, Lampung, HP 081369765448, e-mail: fitriauliasyhrn27@gmail.com

Received : 7 Desember 2025

Accepted : 16 Desember 2025

Published : 22 Desember 2025

ABSTRAK: Pemantauan kardiorespirasi merupakan aspek penting dalam manajemen kesehatan berbagai populasi klinis. Perkembangan teknologi *wearable device* menghadirkan peluang untuk melakukan pemantauan fisiologis secara *real-time*, non-invasif, dan berkelanjutan di luar lingkungan rumah sakit. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau pemanfaatan *wearable device* dalam pemantauan kardiorespirasi pada populasi klinis serta menganalisis tantangan, peluang, dan arah pengembangannya di masa depan. Kajian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur terhadap enam artikel penelitian yang relevan, mencakup berbagai populasi klinis seperti pasien dengan disabilitas fisik, pediatrik, neurologis, onkologi, dan psikiatri. Analisis dilakukan menggunakan kerangka PICOT untuk mengidentifikasi populasi, intervensi, pembanding, hasil, dan jenis penelitian. *Wearable device* terbukti efektif dalam memantau fungsi kardiorespirasi dan mendukung rehabilitasi serta deteksi dini gangguan fisiologis. Teknologi ini meningkatkan kualitas hidup pasien dan memungkinkan pemantauan jarak jauh yang personal. Namun, tantangan seperti akurasi sensor, privasi data, dan integrasi sistem masih perlu diselesaikan. *Wearable device* memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dalam praktik medis modern sebagai alat pemantauan kardiorespirasi yang adaptif, berbasis bukti, dan berpusat pada pasien.

Utilization of Wearable Devices in Cardiorespiratory Monitoring in Clinical Populations: A Literature Review

ABSTRACT: Cardiorespiratory monitoring is a crucial aspect in the health management of various clinical populations. The development of wearable device technology presents opportunities for real-time, non-invasive, and continuous physiological monitoring outside the hospital setting. This study aims to review the use of wearable devices in cardiorespiratory monitoring in clinical populations and analyze the challenges, opportunities, and future development directions. This study uses a literature review approach to six relevant research articles, covering various clinical populations such as patients with physical disabilities, pediatrics, neurological, oncology, and psychiatric. The analysis was conducted using the PICOT framework to identify populations, interventions, comparators, outcomes, and study types. Wearable devices have proven effective in monitoring cardiorespiratory function and supporting rehabilitation and early detection of physiological disorders. This technology improves patients' quality of life and enables personalized remote monitoring. However, challenges such as sensor accuracy, data privacy, and system integration remain to be resolved. Wearable devices have great potential to be integrated into modern medical practice as adaptive, evidence-based, and patient-centered cardiorespiratory monitoring tools.

Keyword: wearable devices, cardiorespiratory monitoring, clinical populations, health technology, telemedicine

Doi : 10.23960/jka.v12i2.pp57-67

PENDAHULUAN

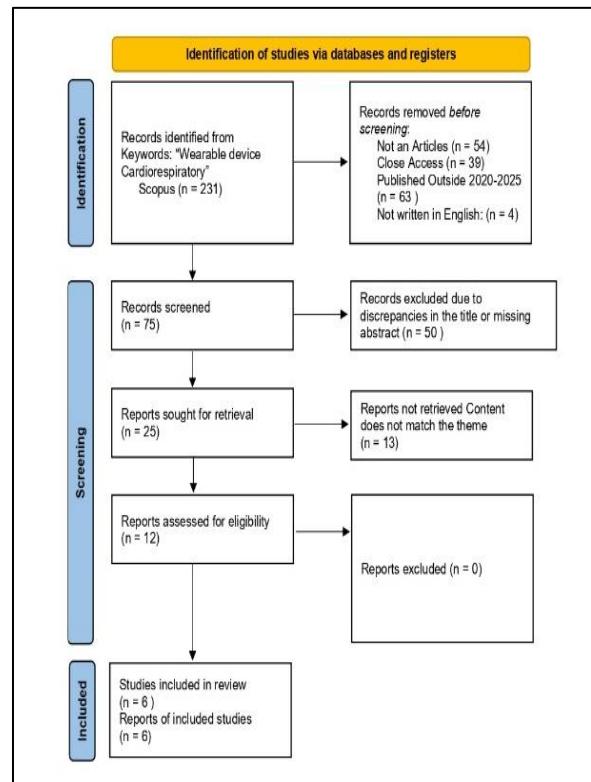
Teknologi *wearable device* telah berkembang pesat dalam dekade terakhir dan kini memasuki ranah medis dengan potensi besar untuk pemantauan kardiorespirasi secara *real-time*¹. Sebagai contoh, prevalensi penyakit kardiovaskular global tetap tinggi sehingga mendorong inovasi dalam sistem monitoring yang lebih efisien². *Wearable device* memungkinkan pengukuran parameter vital seperti detak jantung, variabilitas detak jantung, laju pernapasan, saturasi oksigen, dan konsumsi oksigen maksimal atau VO₂ max di luar lingkungan laboratorium atau rumah sakit³. Kenyamanan pemakaian dan kemampuan pemantauan kontinu menjadikan *wearable device* sebagai alternatif menarik dibanding metode tradisional yang bersifat intermiten dan memerlukan pengawasan langsung. Namun, masih terdapat hambatan dalam penerapan klinis seperti validasi terhadap standar alat klinis, integrasi data ke rekam medis elektronik, serta aspek keamanan dan privasi data⁴. Selain itu, disparitas akses terhadap teknologi *wearable device* juga menjadi tantangan serius, di mana kelompok dengan risiko kardiovaskular tertinggi ternyata paling sedikit menggunakan perangkat ini⁵.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengkaji pemanfaatan *wearable device* untuk pemantauan kardiorespirasi pada populasi klinis serta mengidentifikasi tantangan dan peluang pengembangannya ke depan. Pertanyaan penelitian dalam tinjauan literatur ini adalah: “*Bagaimana efektivitas penggunaan wearable device dalam pemantauan kardiorespirasi pada berbagai populasi klinis dibandingkan dengan metode pemantauan konvensional dalam meningkatkan akurasi pemantauan fisiologis, kapasitas kardiorespirasi, serta luaran klinis pasien berdasarkan penelitian observasional dan eksperimental yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir?*”.

METODE

Dalam penelitian ini, proses penelusuran dan pemilihan literatur dilakukan dengan menggunakan metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). PRISMA

merupakan pedoman yang banyak digunakan untuk memastikan bahwa proses tinjauan pustaka dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi oleh peneliti lain⁶. Metode ini membantu menyaring dan menyeleksi artikel secara bertahap berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, sehingga hanya literatur yang relevan dan berkualitas yang digunakan dalam analisis akhir.



Gambar 1. PRISMA Workflow

Tahapan pertama dilakukan melalui pencarian artikel dari basis data Scopus menggunakan kata kunci “*Wearable device Cardiorespiratory*”. Dari proses awal ini diperoleh sebanyak 228 artikel. Selanjutnya, dilakukan proses penyaringan awal dengan menghapus publikasi yang tidak memenuhi syarat, seperti artikel yang bukan hasil penelitian ilmiah, akses tertutup, diterbitkan di luar periode tahun 2020–2025, serta artikel yang tidak ditulis dalam bahasa Inggris. Tahap kedua adalah *screening*, di mana sebanyak 71 artikel yang tersisa diperiksa berdasarkan kesesuaian judul dan abstraknya dengan topik penelitian. Didapatkan 6 artikel yang masuk ke dalam kriteria inklusi dan selaras dengan tujuan penelitian.

- Kriteria inklusi yang digunakan dalam proses seleksi literatur sebagai berikut.
1. Artikel penelitian desain observasional atau eksperimental
 2. Populasi klinis (pediatric, neurologis, onkologi, psikiatri, disabilitas fisik)
 3. Menggunakan *wearable device* untuk pemantauan kardiorespirasi
 4. Mengukur parameter kardiorespirasi (HR, HRV, RR, VO₂, SpO₂)
 5. Membandingkan dengan metode konvensional atau baseline klinis
 6. Dipublikasikan tahun 2020–2025

Kriteria Eksklusi pada tinjauan literatur ini ialah sebagai berikut.

1. Artikel *review*, editorial, opini, *case report*

2. Populasi non-klinis atau subjek sehat
3. *Wearable device* non-medis atau hanya untuk kebugaran umum tanpa luaran kardiorespirasi
4. Dipublikasikan sebelum tahun 2020

HASIL

Dari hasil pencarian didapatkan enam artikel yang relevan dengan topik pemanfaatan *wearable device* dalam pemantauan kardiorespirasi pada populasi klinis. Keenam penelitian tersebut menunjukkan perkembangan teknologi *wearable device* dalam berbagai konteks klinis dengan hasil yang mendukung efektivitasnya sebagai alat pemantauan objektif.

Peneliti & Tahun	Populasi (P)	Intervensi (I)	Pembanding (C)	Outcome (O)	Tipe Studi (S)
Fasipe et al., 2024⁷	10 pengguna kursi roda manual	IMU pada kursi roda + pergelangan tangan & HR monitor saat 6-Minute Push Test	Pengukuran konvensional (observasi manual)	Korelasi kuat antara data IMU & jarak tempuh, HR terkait dengan VO ₂ estimasi	Eksperimental observasional
Vennard et al., 2025⁸	225 pasien pediatric & neonatal (3 kelompok)	Sensor akselerometer dada <i>PneumoWave</i> untuk deteksi apnea & pola napas	Pemantauan klinis standar (<i>polygraphy, telemetry</i>)	Kelayakan dan akurasi biosensor dalam memantau respirasi & apnea	Studi observasional diagnostik
Macea et al., 2024⁹	Pasien epilepsi dengan <i>focal impaired awareness seizures</i>	<i>Wearable ECG</i> untuk memantau HRV, RR, RSA selama serangan	Pengukuran konvensional EEG/ECG klinis	Peningkatan HR ictal/postictal, penurunan RSA → indikasi disfungsi otonom	Observasional analitik
Li et al., 2025¹⁰	47 penyintas kanker paru pasca operasi	Program rehabilitasi kardio-onkologi digital berbasis <i>wearable</i> & aplikasi	Perawatan pasca operasi rutin (tanpa telerehab)	↑ VO ₂ peak, ↑ QoL, ↓ kelelahan, cemas, disfungsi siang hari	RCT (5 bulan)
Leps et al., 2025¹¹	111 penyintas kanker (payudara,	Pemantauan aktivitas 6 bulan dengan <i>wearable device</i>	Tidak ada (analisis observasional)	Aktivitas moderat-vigorous terkait ↑	Analisis observasional dari RCT

	prostat, kolorektal)	(Garmin)		VO ₂ max keluaran jantung, ↓ insulin & lemak	&
Tassone et al., 2025¹²	30 pasien <i>treatment-resistant depression</i>	Program aktivitas fisik <i>MoveU.HappyU + wearable monitoring</i>	Perawatan standar (TAU)	Feasibilitas, kepatuhan tinggi, peningkatan mood & aktivitas	Pilot RCT

Tabel 1. Hasil Sintesis Penelitian

Penelitian oleh Fasipe *et al.* (2024) melibatkan sepuluh pengguna kursi roda manual yang menjalani uji *Six-Minute Push Test* menggunakan kombinasi *Inertial Measurement Unit* (IMU) pada kursi roda dan pergelangan tangan serta *heart rate monitor*. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang kuat antara data IMU dengan jarak tempuh serta hubungan signifikan antara detak jantung dan estimasi VO₂, menandakan kemampuan IMU untuk menggantikan pengukuran manual yang bersifat subjektif. Studi ini bersifat eksperimental observasional dan menegaskan bahwa integrasi sensor dapat meningkatkan objektivitas evaluasi kebugaran kardiovaskular pada pengguna kursi roda.

Studi Vennard *et al.* (2025) melibatkan 225 pasien pediatrik dan neonatal yang dibagi dalam tiga kelompok untuk menguji sensor akselerometer dada *PneumoWave* dalam mendeteksi apnea dan pola pernapasan. Dibandingkan dengan pemantauan klinis standar seperti *polygraphy* dan *telemetry*, biosensor menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengukur laju pernapasan serta mendeteksi kejadian apnea secara non-invasif. Penelitian ini merupakan studi observasional diagnostik yang menyoroti potensi *wearable sensor* untuk meningkatkan keselamatan pasien dengan risiko gangguan napas, terutama pada kelompok usia rentan.

Selanjutnya, penelitian oleh Macea *et al.* (2024) berfokus pada pasien epilepsi dengan *focal impaired awareness seizures* yang dipantau menggunakan *wearable ECG* untuk mengamati variabilitas detak jantung (HRV), laju napas (RR), dan *respiratory sinus arrhythmia* (RSA) selama fase kejang.

Dibandingkan dengan pengukuran EEG/ECG konvensional, *wearable device* berhasil mendeteksi peningkatan detak jantung pada fase ictal dan postictal serta penurunan RSA yang mengindikasikan disfungsi sistem saraf otonom. Studi observasional analitik ini menunjukkan bahwa pemantauan berbasis *wearable* dapat memberikan wawasan baru tentang interaksi kardiovaskular dan respirasi selama kejadian neurologis.

Penelitian Li *et al.* (2025) merupakan *randomized controlled trial* selama lima bulan yang melibatkan 47 penyintas kanker paru pasca operasi. Intervensi berupa program rehabilitasi kardio-onkologi digital berbasis *wearable* dan aplikasi dibandingkan dengan perawatan pasca operasi rutin tanpa telerehabilitasi. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan pada VO₂ peak dan kualitas hidup (QoL) serta penurunan kelelahan, kecemasan, dan disfungsi siang hari. Studi ini menegaskan efektivitas program digital terapeutik berbasis *wearable* dalam memulihkan fungsi kardiorespirasi dan meningkatkan kesejahteraan pasien onkologi.

Sementara itu, Leps *et al.* (2025) melakukan analisis observasional dari *data randomized controlled trial* yang melibatkan 111 penyintas kanker payudara, prostat, dan kolorektal. Peserta dipantau selama enam bulan menggunakan perangkat Garmin untuk mengukur aktivitas fisik moderat hingga berat. Tanpa adanya perbandingan langsung, studi ini menemukan bahwa peningkatan aktivitas fisik berkorelasi positif dengan VO₂ max dan keluaran jantung serta berkorelasi negatif dengan kadar insulin, lemak tubuh, dan leptin. Hasil ini memperkuat bukti bahwa *wearable device* dapat digunakan untuk mengaitkan

aktivitas fisik jangka panjang dengan perbaikan kapasitas kardiorespirasi dan status metabolismik pada penyintas kanker.

Terakhir, Tassone *et al.* (2025) melakukan studi *pilot randomized controlled trial* terhadap 30 pasien dengan *treatment-resistant depression* yang mengikuti program aktivitas fisik *MoveU.HappyU* disertai pemantauan melalui *wearable device*. Dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya menerima perawatan standar, intervensi ini terbukti layak dilakukan, dengan tingkat kepatuhan tinggi serta menunjukkan perbaikan pada suasana hati dan aktivitas fisik harian. Penelitian ini menggarisbawahi potensi *wearable device* dalam mendukung pemantauan fisiologis dan perilaku pada pasien gangguan mental kronis.

Secara keseluruhan, keenam penelitian tersebut menunjukkan bahwa *wearable device* memiliki peran penting dalam pemantauan kardiorespirasi lintas populasi, mulai dari anak-anak, pasien neurologis, hingga penyintas kanker. Penggunaannya tidak hanya meningkatkan akurasi dan kontinuitas data fisiologis, tetapi juga memperluas akses pemantauan di luar lingkungan klinis, menjadikannya instrumen potensial untuk meningkatkan deteksi dini, personalisasi rehabilitasi, serta pengawasan kesehatan jangka panjang.

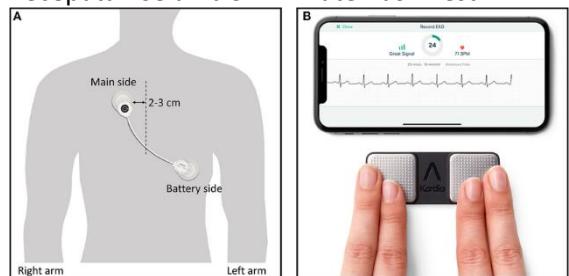
PEMBAHASAN

Prinsip dan Mekanisme Pemantauan Kardiorespirasi Menggunakan *Wearable Device*

Wearable device merupakan teknologi yang dirancang untuk memantau fungsi fisiologis manusia secara kontinu dan *real-time* melalui sensor yang ditempelkan langsung pada tubuh. Dalam konteks pemantauan kardiorespirasi, perangkat ini digunakan untuk merekam berbagai parameter penting seperti detak jantung (*heart rate*), variabilitas detak jantung (*heart rate variability* atau *HRV*), laju pernapasan (*respiratory rate*), konsumsi oksigen maksimum ($VO_2 \text{ max}$), serta saturasi oksigen. Parameter-parameter tersebut berperan penting dalam menilai kapasitas kardiorespirasi seseorang, yang mencerminkan efisiensi sistem kardiovaskular

dan respirasi dalam mengantarkan oksigen ke jaringan tubuh¹⁰.

Secara teknologi, *wearable device* bekerja dengan berbagai jenis sensor yang memiliki fungsi spesifik sesuai target pemantauan. Sensor fotopletimografi (PPG) digunakan untuk mendeteksi perubahan volume darah melalui sinar inframerah yang dipantulkan dari permukaan kulit, sehingga dapat menghitung detak jantung dan saturasi oksigen. Sensor elektrokardiogram (ECG) berfungsi merekam aktivitas listrik jantung secara lebih presisi dan banyak digunakan dalam penelitian klinis yang menilai HRV serta aktivitas otonom jantung, seperti yang dilakukan oleh Macea *et al.* (2024)⁹ pada pasien epilepsi untuk mendeteksi perubahan aktivitas otonom selama dan setelah kejang. Sementara itu, *inertial measurement unit* (IMU) dan akselerometer digunakan untuk memantau gerakan tubuh dan pola aktivitas fisik. IMU, yang terdiri dari akselerometer, giroskop, dan magnetometer, mampu mengukur kecepatan, percepatan, dan orientasi tubuh. Teknologi ini digunakan oleh Fasipe *et al.* (2024)⁷ dalam penelitian terhadap pengguna kursi roda untuk menilai kebugaran kardiorespirasi melalui pengukuran jarak dan kecepatan selama *Six-Minute Push Test*.



Gambar 1. ECG (*Electrocardiogram Monitor*)¹³

Keunggulan utama *wearable device* dibandingkan metode pemantauan konvensional adalah kemampuannya memberikan data yang objektif, kontinu, dan *real-time* tanpa ketergantungan pada pengawasan langsung tenaga medis. *Wearable device* memungkinkan pasien untuk dimonitor di lingkungan alami mereka, seperti di rumah atau saat beraktivitas harian. Hal ini terlihat pada penelitian Vennard *et al.* (2025)⁸ yang menggunakan sensor akselerometer dada *PneumoWave* untuk memantau laju pernapasan dan mendeteksi apnea pada pasien pediatrik dan neonatal. Teknologi

tersebut menawarkan solusi non-invasif yang lebih nyaman dibandingkan pemantauan klinis konvensional yang sering kali menggunakan banyak kabel dan sensor berukuran besar. Selain itu, *wearable device* juga memiliki kemampuan untuk terintegrasi dengan aplikasi digital, seperti yang dilakukan dalam penelitian Li *et al.* (2025)¹⁰, di mana *wearable device* digunakan bersama aplikasi tele-rehabilitasi untuk memantau latihan pasien kanker paru secara daring.



Gambar 2. Alat *PneumoWave*)⁸

Meskipun memiliki potensi besar, penggunaan *wearable device* dalam pemantauan kardiorespirasi masih menghadapi beberapa tantangan teknis. Salah satu isu utama adalah akurasi pengukuran, terutama pada kondisi aktivitas tinggi di mana gerakan tubuh dapat menyebabkan artefak sinyal yang mengganggu pembacaan data, seperti pada penggunaan PPG yang sensitif terhadap getaran. Leps *et al.* (2025)¹¹ mencatat bahwa walaupun perangkat konsumen seperti Garmin dapat memberikan estimasi yang cukup baik terhadap aktivitas moderat hingga berat dan VO₂ max, validitas pengukuran tetap bergantung pada konsistensi pemakaian dan kualitas sensor.



Gambar 3. *Garmin Tracker*¹¹

Selain itu, algoritma yang digunakan untuk menafsirkan data fisiologis masih memiliki keterbatasan dalam membedakan antara sinyal biologis dan *noise* akibat gerakan atau faktor eksternal lainnya. Tantangan lain yang juga dihadapi adalah kebutuhan akan standardisasi protokol penggunaan, integrasi data dengan sistem rekam medis elektronik, serta perlindungan privasi pengguna¹².

Aplikasi *Wearable Device* pada Berbagai Populasi Klinis

Pemanfaatan *wearable device* dalam konteks klinis menunjukkan variasi yang luas baik dari segi populasi pasien maupun tujuan penggunaannya. Keenam penelitian yang dianalisis memperlihatkan bahwa teknologi ini tidak hanya digunakan untuk pemantauan fungsi kardiorespirasi, tetapi juga untuk mendukung proses rehabilitasi, deteksi dini gangguan respirasi, serta pemantauan kesehatan mental. *Wearable device* terbukti mampu memberikan data fisiologis secara kontinu dan akurat, sehingga membantu tenaga kesehatan dalam melakukan pemantauan yang lebih efektif serta memungkinkan pasien berpartisipasi aktif dalam pengelolaan kondisi kesehatannya.

Pada populasi dengan disabilitas fisik, *wearable device* berfungsi sebagai alat untuk menilai kapasitas kardiorespirasi dan performa fungsional secara objektif. Penelitian Fasipe *et al.* (2024)⁷ menunjukkan bahwa kombinasi IMU dan *heart rate monitor* dapat memberikan evaluasi kardiorespirasi

yang objektif pada pengguna kursi roda, menandakan potensi *wearable device* sebagai alat rehabilitasi berbasis bukti.

Selain pada individu dengan keterbatasan fisik, *wearable device* juga menunjukkan manfaat besar pada kelompok usia yang lebih muda dengan risiko respirasi. Pada populasi pediatrik dan neonatal, *wearable device* juga menunjukkan potensi besar dalam pemantauan respirasi tanpa menimbulkan ketidaknyamanan bagi pasien. Penelitian Vennard *et al.* (2025)⁸ memperkuat peran *wearable device* berbasis akselerometer dapat menggantikan pemantauan klinis konvensional pada pasien pediatrik, terutama dalam konteks deteksi apnea tanpa prosedur invasif.

Pada populasi neurologis, *wearable device* berperan penting dalam memahami hubungan antara aktivitas jantung dan gangguan sistem saraf. Penelitian oleh Macea *et al.* (2024)⁹ menyoroti peran *wearable ECG* dalam menghubungkan aktivitas jantung dan respons otonom selama kejang, membuka peluang untuk deteksi dini komplikasi kardiovaskular pada pasien epilepsi.

Sementara itu, pada populasi onkologi, *wearable device* telah digunakan untuk mendukung program rehabilitasi dan memantau aktivitas fisik jangka panjang. Li *et al.* (2025) dan Leps *et al.* (2025) menemukan bahwa pemantauan berbasis *wearable device* berhubungan dengan peningkatan kapasitas kardiorespirasi dan status metabolismik pasien kanker, menandakan efektivitas intervensi telerehabilitasi berbasis data objektif.

Dalam bidang psikiatri, *wearable device* mulai dimanfaatkan untuk memantau kondisi fisiologis dan perilaku pasien secara jarak jauh. Jika dibandingkan antar populasi, efektivitas *wearable device* tampak paling tinggi pada pasien dengan kebutuhan pemantauan kontinu (seperti pediatrik dan onkologi), sedangkan pada gangguan psikiatri penggunaannya masih berfokus pada kepatuhan terapi dan pelacakan aktivitas. Hal ini menunjukkan fleksibilitas perangkat dalam menyesuaikan konteks klinis. Penelitian Tassone *et al.* (2025)¹² memperlihatkan potensi *wearable device* untuk memantau kondisi fisiologis dalam terapi gangguan mental, terutama untuk meningkatkan

engagement pasien terhadap program aktivitas fisik.

Secara keseluruhan, hasil-hasil dari berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa *wearable device* memiliki potensi besar dalam berbagai bidang klinis. Teknologi ini mampu menyesuaikan fungsinya sesuai karakteristik populasi, mulai dari pasien dengan keterbatasan mobilitas, anak-anak dengan risiko apnea, penderita epilepsi, penyintas kanker, hingga individu dengan gangguan depresi berat. Selain memberikan data yang objektif dan kontinu, *wearable device* juga mendukung pendekatan perawatan yang lebih personal, adaptif, dan berbasis bukti ilmiah. Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, di masa depan perangkat ini berpotensi menjadi bagian integral dari sistem pemantauan kesehatan yang terintegrasi dan berkelanjutan.

Tantangan, Peluang, dan Arah Pengembangan di Masa Depan

Pemanfaatan *wearable device* dalam pemantauan kardiorespirasi pada populasi klinis telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, namun implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu isu utama adalah validasi perangkat terhadap alat klinis standar. Meskipun penelitian telah menunjukkan korelasi yang kuat antara hasil *wearable device* dengan pengukuran konvensional, perbedaan metode dan kondisi penggunaan masih dapat menimbulkan variasi hasil. Leps *et al.* (2025) mencatat bahwa meskipun perangkat seperti Garmin mampu merekam aktivitas fisik dan memperkirakan kapasitas kardiorespirasi dengan cukup baik, tingkat akurasinya sangat dipengaruhi oleh konsistensi penggunaan serta variabilitas kondisi lingkungan. Tantangan lainnya adalah integrasi data *wearable device* ke dalam sistem rekam medis elektronik. Banyak rumah sakit belum memiliki infrastruktur yang mendukung penggabungan data fisiologis dari perangkat pribadi dengan catatan medis pasien, sehingga potensi informasi *real-time* dari *wearable device* belum dapat dimanfaatkan sepenuhnya dalam pengambilan keputusan klinis¹⁰.

Aspek privasi dan keamanan data juga menjadi perhatian penting. *Wearable device*

mengumpulkan informasi biologis yang bersifat sensitif, seperti detak jantung, pola tidur, dan tingkat aktivitas fisik. Pengelolaan data yang kurang hati-hati dapat menimbulkan risiko kebocoran informasi pribadi. Selain itu, penerimaan pasien terhadap penggunaan teknologi ini masih bervariasi. Beberapa pasien merasa terbantu karena dapat memantau kondisi mereka secara mandiri, sementara yang lain mungkin merasa terganggu oleh kebutuhan pemakaian perangkat secara terus-menerus. Studi oleh Tassone *et al.* (2025) menunjukkan bahwa meskipun *wearable device* membantu meningkatkan kepatuhan terhadap program terapi fisik jarak jauh, sebagian peserta memerlukan bimbingan intensif agar tetap termotivasi dan memahami interpretasi data yang dihasilkan.

Meskipun demikian, peluang pengembangan *wearable device* di bidang kesehatan sangat luas. Salah satu arah potensial adalah integrasi antara *wearable device* dan kecerdasan buatan. Teknologi memperluas cakupan *telemedicine* dan mendukung sistem pemantauan di rumah. Li *et al.* (2025) membuktikan bahwa program rehabilitasi digital berbasis *wearable device* mampu meningkatkan kapasitas kardiorespirasi serta kualitas hidup pasien kanker. Dengan pemantauan jarak jauh yang *real-time*, dokter dapat menyesuaikan program rehabilitasi tanpa harus melakukan kunjungan fisik secara rutin. Selain itu, penggunaan *wearable device* juga berkontribusi terhadap pendekatan medis yang lebih personal. Setiap data yang terekam dapat digunakan untuk menilai respons individu terhadap intervensi tertentu, sehingga pengobatan dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan fisiologis masing-masing pasien.

Pengembangan sistem pakar medis di masa depan juga menjadi inovasi penting dalam penerapan *wearable device*. Di daerah keterbatasan tenaga medis, sistem pakar memungkinkan pengetahuan seorang dokter ahli untuk direpresentasikan dalam bentuk algoritma cerdas yang dapat memberikan

machine learning dapat digunakan untuk menganalisis data besar yang dihasilkan perangkat ini dan mendeteksi pola awal gangguan kardiorespirasi. Hal ini sangat relevan dalam konteks populasi klinis seperti pasien epilepsi atau kanker yang memiliki risiko tinggi terhadap perubahan mendadak pada fungsi fisiologis^{9,11}. Pengembangan perangkat multi-sensor yang mampu merekam aktivitas jantung dan paru secara simultan juga menjadi arah inovasi yang menarik. Fasipe *et al.* (2024) dan Vennard *et al.* (2025) telah menunjukkan bagaimana kombinasi sensor akselerometer, IMU, dan *heart rate monitor* dapat meningkatkan ketepatan dalam menilai respons fisiologis terhadap aktivitas fisik atau gangguan pernapasan. Dengan teknologi semacam ini, *wearable device* dapat memberikan gambaran holistik mengenai interaksi antara sistem kardiovaskular dan respirasi dalam berbagai kondisi kesehatan.

Dari sisi implementasi klinis, *wearable device* memiliki potensi besar dalam rekomendasi klinis secara otomatis¹⁴. Dalam konteks analisis data *wearable*, pendekatan berbasis *machine learning* dengan seleksi fitur terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit kronis seperti diabetes, menunjukkan potensi besar untuk diaplikasikan pula pada pemantauan kardiorespirasi¹⁵.

Ke depan, penelitian mengenai *wearable device* perlu diarahkan pada pengujian berskala besar dengan desain uji klinis yang lebih ketat untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil di berbagai populasi. Sebagian besar studi saat ini masih bersifat eksploratif dan dilakukan pada sampel terbatas. Perlu adanya standardisasi protokol penggunaan *wearable device* di praktik medis agar hasil pengukuran dapat dibandingkan antar studi dan diaplikasikan secara konsisten di lingkungan klinis. Selain itu, kerja sama antara pengembang teknologi, tenaga medis, dan lembaga regulator menjadi kunci untuk memastikan bahwa *wearable device* tidak hanya aman dan efektif, tetapi juga etis dan sesuai dengan kebutuhan pasien.

No	Peneliti & Tahun	Jenis Wearable Device	Populasi Klinis	Kelebihan	Kelemahan
----	------------------	-----------------------	-----------------	-----------	-----------

1	Fasipe et al. (2024)	IMU + Heart Rate Monitor	Pengguna kursi roda manual	Kombinasi sensor gerak & HR memberi data objektif dan real-time; Dapat digunakan untuk menilai kebugaran kardiorespirasi non-invasif.	Sampel kecil, belum tervalidasi dengan alat klinis standar; Sinyal mudah terganggu oleh gerakan ekstrem.
2	Vennard et al. (2025)	PneumoWave (sensor akselerometer dada)	Pasien pediatrik & neonatal	Non-invasif, aman untuk bayi; Akurat mendeteksi apnea dan pola napas.	Studi masih tahap uji kelayakan; Sinyal mudah terganggu oleh gerakan dada.
3	Macea et al. (2024)	Wearable Sensor	ECG	Pasien epilepsi	Akurat merekam HRV dan RSA; Dapat mendeteksi gangguan otonom selama kejang.
4	Li et al. (2025)	Smartband + Aplikasi Tele-Rehab	Penyintas kanker paru	Efektif tingkatkan VO ₂ peak & QoL.; Memungkinkan rehabilitasi jarak jauh berbasis digital.	Durasi penelitian singkat; Ketergantungan pada koneksi internet & kepatuhan pengguna.
5	Leps et al. (2025)	Garmin Activity Tracker	Penyintas kanker payudara, prostat, kolorektal	Mudah digunakan & terjangkau; Memantau aktivitas fisik dan VO ₂ max secara kontinu.	Data bersifat estimatif, tidak seakurat alat medis; Ketergantungan pada konsistensi pemakaian.
6	Tassone et al. (2025)	MoveU.HappyU + Fitness Tracker	Pasien depresi kronis	Meningkatkan mood & kepatuhan latihan; Memantau aktivitas fisiologis dan perilaku secara daring.	Sampel kecil & efek jangka panjang belum jelas; Integrasi data fisiologis masih terbatas.

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan *Wearable Device*

Secara keseluruhan, *wearable device* telah membuka era baru dalam pemantauan kesehatan yang berorientasi pada data dan personalisasi. Teknologi ini berpotensi mengubah paradigma layanan kesehatan dari sistem yang reaktif menjadi preventif dengan pemantauan berkelanjutan di luar rumah sakit. Dengan pengembangan teknologi sensor yang lebih canggih, algoritma analisis yang lebih akurat, dan dukungan kebijakan yang memadai, *wearable device* di masa depan akan menjadi bagian integral dari praktik kedokteran modern yang berbasis bukti dan berpusat pada pasien.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian terhadap enam penelitian yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan *wearable device* memiliki peran yang signifikan dalam pemantauan kardiorespirasi pada populasi klinis. Teknologi ini mampu memberikan data fisiologis secara *real-time* dan kontinu, mencakup parameter penting seperti detak jantung, variabilitas detak jantung, laju pernapasan, serta kapasitas kardiorespirasi. Penerapannya mencakup berbagai kelompok pasien, mulai dari pengguna kursi roda, pasien pediatrik, penderita epilepsi, penyintas kanker, hingga individu dengan gangguan depresi. *Wearable device* terbukti meningkatkan efektivitas rehabilitasi, mendukung deteksi dini gangguan fisiologis, serta memperluas praktik *telemedicine* melalui pemantauan jarak jauh yang personal dan adaptif. Meskipun masih menghadapi tantangan dalam hal validasi, integrasi data, dan privasi, kemajuan teknologi sensor dan kecerdasan buatan memberikan peluang besar untuk menjadikan *wearable device* sebagai bagian integral dari sistem kesehatan modern yang berbasis bukti dan berpusat pada pasien.

Wearable device dapat dipertimbangkan oleh klinisi sebagai alat pendukung pemantauan kardiorespirasi, khususnya pada pasien yang membutuhkan pemantauan kontinu di luar fasilitas kesehatan seperti pasien pediatrik, penyintas

kanker, dan pasien dengan gangguan neurologis. Penggunaan *wearable device* berpotensi meningkatkan deteksi dini perubahan fisiologis, memfasilitasi rehabilitasi berbasis data objektif, serta memperluas layanan *telemedicine* secara aman dan personal.

Penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada uji klinis berskala besar dengan desain metodologis yang lebih ketat untuk mengevaluasi validitas, reliabilitas, serta efektivitas klinis *wearable device* dibandingkan alat standar. Standardisasi protokol penggunaan dan parameter luaran juga diperlukan agar hasil penelitian dapat dibandingkan secara lintas studi dan diaplikasikan secara konsisten dalam praktik klinis.

Dari sisi kebijakan, diperlukan regulasi yang jelas terkait standar keamanan, akurasi, dan perlindungan data *wearable device* medis. Integrasi *wearable device* ke dalam sistem *telemedicine* nasional dan potensi pemanfaatannya dalam skema Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan akses layanan kesehatan berbasis teknologi, terutama bagi pasien dengan penyakit kronis dan keterbatasan mobilitas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Petek BJ, Al-Alusi MA, Moulson N, et al. 2023. *Consumer wearable health and fitness technology in cardiovascular medicine*. *J Am Coll Cardiol.* 82(3): 245-264.
2. Jafleh EA, Alnaqbi FA, Almaeeni HA, Faqeesh S, Alzaabi MA, Al Zaman K. 2024. *The role of wearable devices in chronic disease monitoring and patient Care: A comprehensive review*. *Cureus*.
3. Ifenze OM, Okanumee CJ, Nkuma-Udah KI, Mbonu ES, Ndubuka GIN. 2025. *Wearable technology in cardiovascular health monitoring: Current trends and*

- future directions. Eur J Biol Med Sci Res.* 13(3): 37-60.
4. Chen X, Manshaii F, Tioran K, et al. 2024. *Wearable biosensors for cardiovascular monitoring leveraging nanomaterials. Adv Compos Hybrid Mater.* 7(3): 97.
5. Williams GJ, Al-Baraikan A, Rademakers FE, et al. 2023. *Wearable technology and the cardiovascular system: The future of patient assessment. Lancet Digit Heal.* 5(7): 467.
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. 2021. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.*
7. Fasipe G, Goršič M, Zabre E V., Rammer JR. 2024. *Inertial measurement unit and heart rate monitoring to assess cardiovascular fitness of manual wheelchair users during the six-minute push test. Sensors.* 24(13).
8. Vennard H, Buchan E, Miller J, et al. 2025. *Respiratory monitoring and apnoea detection in paediatric and neonatal patients using a wearable accelerometer-based chest sensor: Protocol for an observational diagnostic feasibility study. BMJ Open*. 15(8).
9. Macea J, Swinnen L, Varon C, De Vos M, Van Paesschen W. 2024. *Cardiorespiratory disturbances in focal impaired awareness seizures: Insights from wearable ECG monitoring. Epilepsy Behav.*
10. Li G, Zhou X, Deng J, et al. 2025. *Digital therapeutics-based cardio-oncology rehabilitation for lung cancer survivors: Randomized controlled trial. JMIR mHealth uHealth.*
11. Leps C, Bischoff C, Gockel I, et al. 2025. *Association between continuous device-based physical activity monitoring over six months and cardiorespiratory, metabolic and body composition outcomes in post-surgery cancer survivors - An observational cohort analysis within a randomized controlled trial (CRBP-TS Study). BMC Sports Sci Med Rehabil.* 17(1).
12. Tassone VK, Quesnel DA, Parkington K, et al. 2025. *Improving adherence to physical activity in treatment-resistant depression: Protocol for a pilot randomized controlled trial of a remotely delivered program. PLoS One.* 20(9): 1-18.
13. Jung S, Lee HA, Kang IS, et al. 2022. *Clinical implications of atrial fibrillation detection using wearable devices in patients with cryptogenic stroke (CANDLE-AF) trial: Design and rationale. Front Cardiovasc Med.*
14. Wantoro A, Mustofa S. 2025. Sistem pakar medis: Ketika mesin membantu menyembuhkan. *Goresan Pena.*
15. Wantoro A, Zulkifli, Fitria Yulia A, Yana Ayu D, & Mustofa, S. 2025. Evaluasi kinerja algoritma *machine learning* (ML) menggunakan seleksi fitur pada klasifikasi diabetes. *Jurnal Informatika Polinema*, 11(3): 311–316.