

**PERAN *WEARABLE DEVICES* DALAM PEMANTAUAN TANDA VITAL IBU
HAMIL UNTUK DETEKSI DINI KOMPLIKASI KEHAMILAN : *SYSTEMATIC
REVIEW***

Diyas Windarena¹, Dwi Ardani Rochmaniah², Anita Dewi Anggraini³

Prodi Sarjana Kebidanan, Universitas Bhakti Hasta Mulia Madiun¹²

Prodi Profesi Bidan, Universitas Bhakti Hasta Mulia Madiun³

email : diyaswinda@gmail.com

Diterima: 13/12/2025; Direvisi: 01/01/2026; Diterbitkan: 07/01/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pelaksanaan Sistem Pencatatan dan Pelaporan Terpadu Puskesmas (SP2TP) di Dinas Kesehatan Kabupaten Batanghari, khususnya terkait pengelolaan data dan tingkat integrasi sistem informasi kesehatan. Ketersediaan data yang akurat, tepat waktu, dan terintegrasi merupakan prasyarat utama dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti di sektor kesehatan. Namun, temuan awal menunjukkan bahwa pelaporan SP2TP di tingkat Dinas Kesehatan masih dilakukan secara manual, meskipun Puskesmas telah menggunakan aplikasi digital seperti E-Puskesmas. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui wawancara mendalam, observasi, dan telaah dokumen. Analisis data dilakukan menggunakan model interaktif yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mekanisme pelaporan manual menyebabkan keterlambatan pelaporan, inkonsistensi data, duplikasi pekerjaan, serta keterbatasan pemanfaatan data untuk evaluasi program secara tepat waktu. Ketidadaan basis data terpusat dan rendahnya interoperabilitas sistem antara Puskesmas dan Dinas Kesehatan memperparah fragmentasi data. Sebagai solusi, penelitian ini mengusulkan model pelaporan SP2TP terintegrasi berbasis basis data terpusat, dashboard real time, validasi data otomatis, serta integrasi dengan E-Puskesmas. Implementasi model ini berpotensi meningkatkan efisiensi waktu pelaporan dan kualitas data secara signifikan.

Kata Kunci: *Sistem Informasi Kesehatan; SP2TP; Integrasi Data; Pelaporan Kesehatan; Puskesmas*

ABSTRACT

This study aims to analyze the implementation of the Integrated Recording and Reporting System of Community Health Centers (SP2TP) at the Batanghari District Health Office, with particular emphasis on data management and system integration. The availability of accurate, timely, and integrated data is a fundamental requirement for supporting evidence-based decision-making in the health sector. However, preliminary findings indicate that SP2TP reporting at the district level remains largely manual, despite the adoption of digital applications such as E-Puskesmas at the primary healthcare level. This research employed a descriptive qualitative approach. Data were collected through in-depth interviews, direct observation, and document review. Data analysis followed an interactive model consisting of data reduction, data display, and conclusion drawing. The findings reveal that manual reporting mechanisms lead to delays, data inconsistencies, duplicated workloads, and limited utilization of health data for timely program evaluation. The absence of a centralized database and limited system interoperability between Community Health Centers and the District Health Office further

exacerbate data fragmentation. To address these challenges, this study proposes an integrated SP2TP reporting model supported by a centralized database, real-time dashboards, automated data validation, and integration with E-Puskesmas. The implementation of this model is expected to significantly improve reporting efficiency and data quality.

Keywords: *Health Information System; SP2TP; Data Integration; Health Reporting; Community Health Centers*

PENDAHULUAN

Kehamilan merupakan periode krusial dalam kehidupan perempuan yang ditandai oleh berbagai adaptasi fisiologis dan psikologis untuk menunjang kesehatan ibu dan perkembangan janin. Perubahan tersebut meliputi sistem kardiovaskular, respirasi, metabolik, dan endokrin yang secara fisiologis bersifat normal, namun pada kondisi tertentu dapat berkembang menjadi gangguan patologis yang meningkatkan risiko komplikasi kehamilan (Faria Habib et al., 2025). Oleh karena itu, pelayanan antenatal yang berkualitas menjadi elemen fundamental dalam menjaga keselamatan maternal dan perinatal, terutama melalui deteksi dini terhadap perubahan kesehatan yang tidak diharapkan (Sarhaddi et al., 2021).

Pemantauan tanda vital merupakan komponen esensial dalam praktik antenatal care (ANC), yang mencakup tekanan darah, denyut jantung, variabilitas denyut jantung (heart rate variability/HRV), suhu tubuh, laju pernapasan, kualitas tidur, serta aktivitas fisik. Parameter-parameter ini memberikan gambaran komprehensif mengenai status fisiologis ibu hamil dan berkaitan erat dengan adaptasi hormonal selama kehamilan (Sarhaddi et al., 2021; Bossung et al., 2023). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa perubahan denyut jantung, perfusi perifer, dan parameter respirasi dapat menjadi indikator awal gangguan kehamilan, khususnya pada ibu dengan faktor risiko seperti usia maternal lanjut atau penyakit penyerta kronis (Lopez et al., 2018; Faria Habib et al., 2025).

Meskipun ANC merupakan pilar utama pelayanan kebidanan, pendekatan konvensional masih memiliki keterbatasan karena bergantung pada kunjungan terjadwal ke fasilitas kesehatan. Pola ini menyebabkan fluktuasi fisiologis harian atau perubahan ringan sering tidak terdeteksi secara dini (Saarikko et al., 2020; Mishra et al., 2024). Selain itu, sistem pelayanan yang cenderung reaktif serta keterbatasan sumber daya kesehatan, khususnya di negara berkembang, berkontribusi terhadap keterlambatan intervensi dan masih tingginya angka morbiditas serta mortalitas maternal dan neonatal (Alim & Imtiaz, 2023; Faria Habib et al., 2025).

Digitalisasi layanan kesehatan menawarkan solusi alternatif melalui pemantauan jarak jauh yang bersifat kontinu dan berbasis data real time. Pemanfaatan teknologi digital memungkinkan pengumpulan data kesehatan ibu hamil dalam aktivitas sehari-hari, sehingga perubahan fisiologis abnormal dapat dikenali lebih awal dan ditangani secara lebih tepat (Saarikko et al., 2020; Alim & Imtiaz, 2023). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pelayanan antenatal, tetapi juga mendorong personalisasi perawatan, manajemen diri ibu hamil, serta pengambilan keputusan klinis yang lebih responsif dan berbasis bukti (Bossung et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi kesehatan, wearable devices muncul sebagai inovasi yang menjanjikan dalam pemantauan kesehatan maternal. Perangkat ini memungkinkan pemantauan multiparameter seperti denyut jantung, HRV, laju pernapasan, suhu kulit, tekanan darah, aktivitas fisik, dan pola tidur secara otomatis dan berkelanjutan (Rowan et al., 2022; Bruce et al., 2024; Mishra et al., 2024). Integrasi wearable devices dalam pelayanan antenatal berpotensi meningkatkan deteksi dini komplikasi kehamilan serta mendukung pengembangan

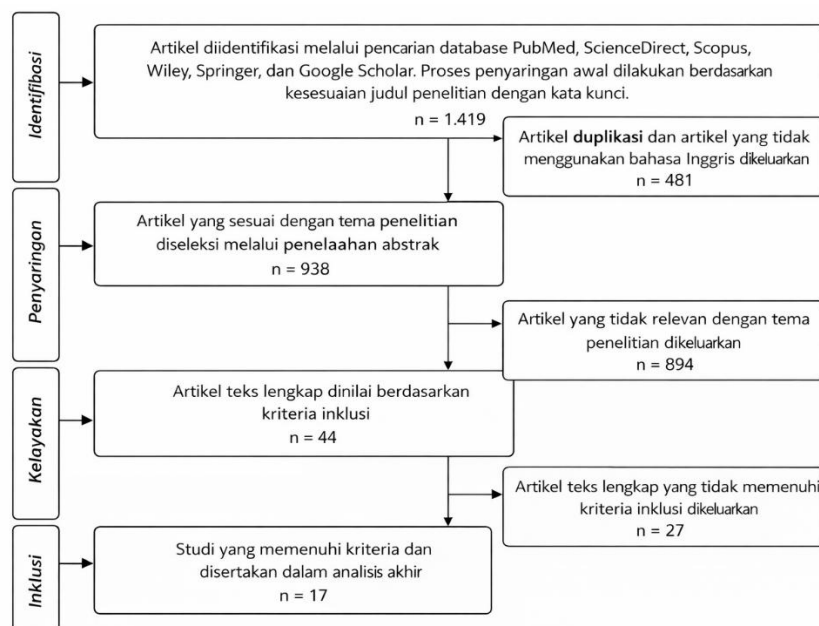
sistem pendukung keputusan klinis berbasis data kehamilan real time. Namun demikian, pemanfaatannya masih memerlukan penguatan bukti ilmiah terkait akurasi pengukuran dan efektivitas klinis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara sistematis peran wearable devices dalam pemantauan tanda vital ibu hamil dan kontribusinya dalam mendukung deteksi risiko komplikasi kehamilan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan systematic review dengan prosedur penelusuran literatur yang terstruktur dan transparan. Pencarian artikel dilakukan secara komprehensif pada basis data PubMed, ScienceDirect, Scopus, Wiley, Springer, dan Google Scholar menggunakan kombinasi kata kunci terkait kehamilan, wearable devices, pemantauan tanda vital, dan kesehatan maternal dengan operator Boolean. Kelayakan studi ditentukan berdasarkan kerangka PICOS, meliputi ibu hamil sebagai populasi, penggunaan wearable devices sebagai intervensi, pemantauan konvensional atau tanpa wearable sebagai pembanding, luaran berupa deteksi dini komplikasi kehamilan dan akurasi pemantauan tanda vital, serta desain penelitian kuantitatif. Artikel yang disertakan dibatasi pada publikasi tahun 2015–2025, tersedia dalam teks lengkap, berbahasa Inggris, dan secara eksplisit mengevaluasi penggunaan wearable pada ibu hamil. Proses seleksi dilakukan secara bertahap melalui peninjauan judul, abstrak, dan teks lengkap, serta penelusuran manual daftar pustaka. Artikel terpilih dianalisis melalui ekstraksi data yang mencakup karakteristik studi, populasi, jenis wearable, parameter fisiologis, desain penelitian, dan temuan utama, dengan penilaian kualitas metodologis serta risiko bias menggunakan instrumen penilaian kritis yang sesuai dengan desain masing-masing studi. Analisis data dilakukan melalui sintesis naratif dengan pendekatan tematik untuk mengidentifikasi pola temuan, kesenjangan penelitian, dan implikasi pemanfaatan wearable devices dalam pemantauan kehamilan berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil



Gambar 1. Flowchart / Skema Alur Pencarian Artikel

Gambar 1 menunjukkan rancangan basis data SP2TP yang dirancang untuk mendukung integrasi pelaporan antara Puskesmas dan Dinas Kesehatan. Struktur basis data ini mencakup entitas utama seperti data fasilitas kesehatan, sumber daya manusia, kegiatan program, sasaran pelayanan, serta capaian indikator kesehatan. Setiap entitas saling terhubung melalui relasi kunci untuk memastikan konsistensi dan keterpaduan data lintas program. Rancangan ini memungkinkan proses input data dilakukan satu kali di tingkat Puskesmas melalui sistem E-Puskesmas, kemudian disinkronkan secara otomatis ke basis data Dinas Kesehatan. Dengan pendekatan ini, proses rekapitulasi data dapat dilakukan secara real time, mengurangi duplikasi pekerjaan, serta meningkatkan akurasi dan ketepatan waktu pelaporan SP2TP. Selain itu, struktur basis data yang terpusat mendukung pengembangan dashboard monitoring dan analisis data untuk kebutuhan evaluasi program dan pengambilan keputusan berbasis bukti.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Utama Artikel

Penulis, Tahun, Negara	Desain Penelitian (JBI)	Sampel & Parameter	Wearable/Sistem	Periode Pemantauan	Metode Analisis	Temuan Utama	Kualitas Bukti
Brun et al., 2022 (Swiss)	Prospective cohort (7/11)	50 wanita PPRM; suhu kulit, RR, HR, HRV	Ava Bracelet	3 hari pra-persalinan	Repeated measures ANOVA	RR dan HR meningkat signifikan sebelum persalinan dan pada infeksi; wearable mendeteksi perubahan praklinis 70% menunjukan	Moderate
Lopez et al., 2018 (Peru)	Pilot quasi-experimental (4/9)	20 ibu hamil; BP, HR, aktivitas, tidur	VO7 Wristband	Selama kehamilan	Deskriptif & visualisasi	kan abnormalitas BP/HR; risk potensi pemantauan real time PPG reliabel untuk HRV; potensi deteksi dini berbasis	High risk
Sarhaddi et al., 2021 (Finlandia)	Prospective cohort (8/11)	32 kehamilan risiko tinggi; HR, HRV, aktivitas, tidur	Samsung Gear Sport	Kehamilan – postpartum	ML pipeline & anomaly detection		Low–Moderate

Penulis, Tahun, Negara	Desain Penelitian (JBI)	Sampel & Parameter	Wearable/Sistem	Periode Pemantauan	Metode Analisis	Temuan Utama	Kualitas Bukti
Mishra et al., 2024 (AS)	Longitudinal observasional (9/11)	6.800 wanita; RHR, HRV, RR, aktivitas	Apple Watch	Pra-hamil hingga postpartum	Deskriptif longitudinal	personalisasi RHR ↑ dan HRV ↓ selama kehamilan; Low perubahan perilaku fisik Dinamika fisiologis berbeda pada kehamilan yang berakhir lebih awal	
Bruce et al., 2024 (AS)	Prospektif kohort (8/11)	120 wanita; suhu, HR, HRV, RR	Wearable ring	Selama kehamilan	Time-series multimodal	HRV menurun dan RHR meningkat; aktivitas memengaruhi luaran Visualisasi membantu identifikasi pola dan personalisasi	Moderate
Rowan et al., 2022 (AS)	Prospektif kohort (7/11)	18 wanita; HRV, RHR, aktivitas	WHOOP® Strap	Kehamilan – postpartum	Linear mixed models	SUS 72,25; efektif untuk ANC jarak jauh Stabil, real-time alert; layak untuk preeklampsia	Moderate
Lee et al., 2016 (AS)	Qualitative user-centered (6/10)	30 wanita; mual muntah kehamilan	Acupressure band	Harian	Analisis tematik		Moderate
Faria Habib et al., 2025 (Bangladesh)	Mixed methods (7/10)	47 wanita; BP, suhu, nadi, aktivitas	IoT wristband	Prenatal berkelanjutan	SUS + wawancara		Moderate
Musyoka et al., 2019 (Kenya)	Quasi-experimental (6/10)	30 wanita >20 mg; BP 24 jam	Smart wristwatch	24 jam	Komparatif vs alat klinis		Moderate

Penulis, Tahun, Negara	Desain Penelitian (JBI)	Sampel & Parameter	Wearable/Sistem	Periode Pemantauan	Metode Analisis	Temuan Utama	Kualitas Bukti
Galea et al., 2020 (Peru)	Feasibility cross-sectional (5/9)	20 wanita; tidur & aktivitas	ActiSleep	Harian	Statistik deskriptif	Layak, kepatuhan bervariasi	Moderate–High
Ullah et al., 2021 (Pakistan)	Quasi-experimental (7/10)	61 wanita; akselerometer 3 sumbu	Wrist sensors	Real-time	Supervised ML	Akurasi deteksi aktivitas 89%	Moderate
Grym et al., 2019 (Finlandia)	Prospective cohort (7/11)	20 wanita; aktivitas, tidur, HR	Garmin Vivosmart HR	Kehamilan – postpartum	Linear mixed models	Kepatuhan tinggi selama kehamilan	Moderate
Saarikko et al., 2020 (Finlandia)	Feasibility cohort (8/11)	20 wanita; aktivitas, tidur, HR	Garmin Vivosmart HR	7 bulan	Linear mixed models	Data valid 75% hari; layak jangka panjang	Low–Moderate
Niela-Vilén et al., 2021 (Finlandia)	Longitudinal cohort (7/11)	38 wanita; HRV, aktivitas	Samsung Gear Sport	Kehamilan	Hierarchical LMM	Perubahan HRV terkait stres pandemi	Moderate
Bossung et al., 2023 (Swiss)	Prospective cohort (7/11)	23 wanita; HR, HRV, RR, suhu	Ava Bracelet v2.0	Kehamilan	Mixed models	Variasi fisiologis dan emosi saling terkait	Moderate
Jimah et al., 2022 (AS)	Case series (3/8)	2 wanita; HR, HRV, RR, suhu	Oura Ring	Infeksi COVID-19	Deskriptif & paired test	Sensitif terhadap perubahan fisiologis akut	High risk
Sarhaddi et al., 2022 (Finlandia)	Longitudinal cohort (8/11)	58 wanita; HR & HRV	Samsung Gear Sport	Kehamilan –3 bln postpartum	Hierarchical LMM	Valid untuk pemantauan jangka panjang	Low–Moderate

Temuan pada Tabel Ringkasan Hasil Utama (tabel 1) menunjukkan bahwa perangkat *wearable* memberikan kontribusi yang beragam terhadap pemantauan kesehatan ibu hamil, baik dari aspek akurasi fisiologis, potensi deteksi dini komplikasi, maupun penerimaan pengguna. Namun, kekuatan interpretasi temuan tersebut sangat bergantung pada kualitas metodologis

masing-masing studi. Untuk memastikan bahwa kesimpulan penelitian ini didasarkan pada bukti yang kuat dan dapat dipercaya, setiap studi kemudian dinilai menggunakan instrumen penilaian kualitas bukti JBI sesuai desain penelitiannya. Secara umum, studi yang direview menunjukkan variasi kualitas metodologis, beberapa penelitian memberikan bukti observasional berukuran besar dan analisis statistik yang kuat, sementara banyak studi lain bersifat pilot, pembuktian konsep, atau *case report* dengan keterbatasan desain yang perlu diperhitungkan dalam sintesis bukti.

Penilaian Resiko Bias

Penilaian kualitas metodologis terhadap seluruh artikel dilakukan menggunakan instrumen *Joanna Briggs Institute (JBI) Critical Appraisal* sesuai desain masing-masing studi. Tingkat risiko bias bervariasi antar penelitian, mencerminkan perbedaan tujuan riset, ukuran sampel, jenis *wearable*, dan metode analisis yang digunakan. Sebagian besar studi menunjukkan risiko bias kategori sedang, terutama akibat ukuran sampel kecil, ketiadaan kelompok kontrol, serta pelaporan yang belum komprehensif mengenai penanganan variabel perancu. Sebagian kecil studi memiliki risiko bias rendah, terutama studi longitudinal berskala besar dengan analisis statistik kuat, sementara risiko bias tinggi ditemukan pada penelitian pilot dan studi kasus. Bias seleksi banyak dijumpai karena penggunaan *convenience sampling* dan keterbatasan populasi pengguna *wearable*, sehingga generalisasi temuan harus dilakukan secara hati-hati. Bias kinerja dan bias pengukuran juga muncul akibat variasi kepatuhan pemakaian *wearable* serta keterbatasan validasi perangkat terhadap standar klinis. Selain itu, kontrol terhadap *confounding variables* belum optimal di sebagian besar studi. Variasi tingkat risiko bias ini menunjukkan bahwa kekuatan kesimpulan berbeda antar penelitian. Studi longitudinal dengan jumlah sampel besar memberikan bukti lebih kuat terkait dinamika fisiologis selama kehamilan, sedangkan studi skala kecil terutama memberikan kontribusi pada aspek kelayakan dan penerimaan pengguna. Secara keseluruhan, kualitas bukti mendukung potensi *wearable* dalam pemantauan tanda vital ibu hamil, namun interpretasi temuan klinis tetap perlu mempertimbangkan keterbatasan metodologis dan heterogenitas antar studi.

Temuan Utama

Sebagian besar studi menunjukkan bahwa perangkat *wearable* mampu merekam perubahan tanda vital ibu hamil secara kontinu dan non-invasif, serta mengidentifikasi pola fisiologis yang relevan secara klinis terhadap risiko komplikasi kehamilan. Temuan paling konsisten adalah peningkatan *resting heart rate* (RHR) dan penurunan *heart rate variability* (HRV) sepanjang kehamilan, yang kemudian kembali mendekati pola pra kehamilan menjelang persalinan. Penurunan aktivitas fisik serta perubahan durasi dan kualitas tidur juga terlihat berulang pada berbagai penelitian, menegaskan potensi *wearable* dalam memantau perilaku sehari-hari ibu hamil yang berhubungan dengan kesehatan maternal. Parameter fisiologis lain, seperti suhu kulit, laju pernapasan, dan tekanan darah, menunjukkan potensi sebagai indikator deteksi dini perubahan patologis. Peningkatan suhu dan pernapasan beberapa hari sebelum persalinan maupun infeksi tercatat pada kehamilan berisiko, sementara pemantauan tekanan darah berbasis *wearable* terutama yang terintegrasi dengan sistem *Internet of Things* (IoT) menunjukkan kemampuan untuk mengidentifikasi tren hipertensi dan memberikan peringatan otomatis terkait kemungkinan preeklampsia. Selain pemantauan fisik, sejumlah studi juga mengindikasikan kemampuan *wearable* dalam mendeteksi perubahan kesehatan mental berbasis indikator HRV. Dari aspek kelayakan dan penerimaan pengguna, mayoritas ibu hamil menilai *wearable* mudah digunakan, nyaman, serta bermanfaat bagi pemantauan kesehatan.

Namun, tingkat kepatuhan pemakaian bervariasi dan cenderung menurun pada fase postpartum. Studi yang menilai transmisi data real time ke tenaga kesehatan menunjukkan bahwa integrasi tersebut dapat meningkatkan kecepatan pengambilan keputusan klinis dan memberikan rasa aman bagi ibu hamil.

Secara keseluruhan, temuan penelitian mendukung peran signifikan *wearable* sebagai teknologi pendukung pemantauan maternal untuk deteksi dini kelainan fisiologis, pemantauan perilaku, dan peningkatan keterlibatan ibu dalam perawatan diri selama kehamilan. Namun, heterogenitas desain penelitian, variasi akurasi sensor, serta keterbatasan evaluasi klinis jangka panjang mengharuskan interpretasi temuan dilakukan dengan hati-hati. Standarisasi prosedur klinis dan penelitian lanjutan dalam skala besar sangat diperlukan untuk memastikan efektivitas, keamanan, dan kesiapan implementasi *wearable* dalam praktik antenatal.

Pembahasan

Dalam praktik klinis, pemeriksaan kehamilan rutin umumnya dilakukan setiap 2 hingga 4 minggu sesuai usia kehamilan dan kondisi ibu. Pada setiap kunjungan, tenaga kesehatan mengevaluasi parameter fisiologis seperti denyut jantung, tekanan darah, suhu tubuh, pernapasan, berat badan, dan hasil urine untuk mendeteksi penyimpangan dari kondisi normal. Namun, frekuensi kunjungan yang relatif jarang ini menimbulkan risiko terlewatnya perubahan penting atau tanda bahaya yang dapat muncul di antara interval pemeriksaan, karena kondisi fisiologis ibu dapat berubah lebih cepat dari jadwal kontrol yang tersedia. (Bossung, et al. 2023); (Penders, et al. 2015); (Hiyama, et al. 2015) Perkembangan teknologi modern memungkinkan pemantauan kesehatan secara kontinu di luar fasilitas kesehatan melalui *wearable devices*, yang mampu melacak dan mengirimkan data fisiologis ibu hamil secara *real time*. (Rowan, et al. 2022); (Niela-Vilén, et al. 2021); (Velthoven, Oke and Kardos 2023) Data berkelanjutan ini sangat penting bagi klinik dan penelitian karena memberikan gambaran pola fisiologis kehamilan normal secara lebih mendetail. (Velthoven, Oke and Kardos 2023)

Hasil systematic review ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *wearable devices* dalam pemantauan tanda vital ibu hamil berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap deteksi dini risiko komplikasi kehamilan. (Bossung, et al. 2023); (Rowan, et al. 2022); (Ullah, et al. 2021) Data yang dihasilkan *wearable* menjadi dasar penting dalam memahami fisiologi kehamilan, perilaku maternal, hasil kehamilan, serta pengembangan hipotesis penelitian terkait deteksi penyakit sejak dini. (Mishra, et al. 2024); (Du, et al. 2021) Inovasi digital ini juga menjadi solusi potensial untuk mengatasi kesenjangan layanan kesehatan ibu, khususnya di wilayah dengan akses pelayanan terbatas. (Li, et al. 2021)

Secara fisiologis, beberapa pola yang konsisten dilaporkan pada berbagai studi mencakup peningkatan resting heart rate (RHR), penurunan heart rate variability (HRV), serta perubahan aktivitas fisik dan pola tidur sepanjang kehamilan. Temuan ini menunjukkan kemampuan *wearable* dalam menangkap dinamika adaptasi kehamilan secara real-time dan longitudinal, selaras dengan mekanisme pertumbuhan janin dan peningkatan kebutuhan perfusi maternal. Oleh karena itu, *wearable* berpotensi berfungsi sebagai sistem *maternal health surveillance* berbasis bukti. Selain itu, pemantauan jarak jauh secara berkelanjutan juga dapat meningkatkan kualitas layanan obstetrik melalui deteksi dini parameter abnormal dan komplikasi terkait. (Stricker, Radan and Surbek 2025)

Wearable devices bahkan mampu mengidentifikasi perubahan subklinis, seperti peningkatan suhu kulit atau laju pernapasan beberapa hari sebelum persalinan atau saat terjadi infeksi, sehingga sangat bernilai dalam deteksi dini preeklamsia, diabetes gestasional, infeksi, dan kondisi risiko tinggi lainnya. (Grym, et al. 2019) (Musyoka, Thiga and Muketha 2019)

(Velthoven, Oke and Kardos 2023) (Bruce, et al. 2024) Secara klinis, pemantauan fisiologis berkelanjutan memungkinkan pendeteksian perubahan yang mengindikasikan perjalanan kehamilan abnormal, misalnya peningkatan suhu tubuh sebagai tanda infeksi, penurunan HRV sebagai indikator hipertensi kehamilan, atau fluktuasi HRV sebagai indikator tekanan mental dan depresi. Dengan demikian, *wearable* memiliki potensi sebagai alat skrining dini berbagai komplikasi kehamilan. Pada ibu hamil dengan risiko tinggi seperti preeklamsia, *wearable* memungkinkan pemantauan tekanan darah 24 jam tanpa tatap muka, sehingga deteksi komplikasi menjadi lebih cepat dan sistem peringatan otomatis dapat dikirimkan kepada tenaga kesehatan untuk mempercepat penanganan. (Musyoka, Thiga and Muketha 2019) Selain itu, pemantauan tingkat stres, aktivitas fisik, dan pola tidur melalui *wearable* juga penting sebagai indikator kesejahteraan maternal selama kehamilan. (Niela-Vilén, et al. 2021)

Perbandingan temuan antar studi menunjukkan adanya konsistensi dalam kemampuan *wearable* mendeteksi perubahan fisiologis selama kehamilan, meskipun keluaran penelitian bervariasi bergantung pada jenis perangkat, parameter yang dipantau, dan tujuan klinis masing-masing. Penelitian yang berfokus pada pemantauan kardiovaskular melaporkan pola peningkatan RHR dan penurunan HRV sebagai bentuk adaptasi fisiologis sekaligus indikator awal risiko komplikasi seperti hipertensi dan preeklamsia (Mishra, et al. 2024); (Bossung, et al. 2023). Studi lain yang menitikberatkan pada parameter respirasi dan suhu menunjukkan bahwa *wearable* mampu merekam peningkatan suhu dan pernapasan beberapa hari sebelum persalinan atau onset infeksi, sehingga memiliki utilitas klinis dalam deteksi dini kondisi inflamasi (Bruce, et al. 2024); (Sarhaddi, et al. 2021). Penelitian yang mengintegrasikan algoritma berbasis IoT dan sistem peringatan otomatis juga menegaskan bahwa *wearable* tidak hanya memungkinkan pemantauan fisiologis kontinu, tetapi turut mempercepat respons klinis melalui transmisi data secara *real time* kepada tenaga kesehatan (Alim and Imtiaz 2023); (Maugeri, Barchitta and Agodi 2023).

Temuan dari studi yang berfokus pada aspek perilaku menunjukkan bahwa *wearable* efektif dalam mendeteksi penurunan aktivitas fisik dan kualitas tidur selama kehamilan, serta dapat digunakan sebagai indikator kesejahteraan maternal termasuk tingkat stres (Rowan, et al. 2022); (Niela-Vilén, et al. 2021). Namun, beberapa penelitian menyoroti ketidakkonsistenan akurasi sensor *wearable* jika dibandingkan dengan pengukuran klinis standar, sehingga diperlukan validasi klinis dan standarisasi antar perangkat untuk meningkatkan reliabilitas (Velthoven, Oke and Kardos 2023); Giusti et al., 2025). Meskipun sebagian studi menggunakan jumlah sampel kecil, perangkat seperti WHOOP® mengumpulkan data fisiologis beresolusi tinggi setiap hari sehingga total observasi sangat besar dan mampu meningkatkan kekuatan statistik penelitian (Rowan, et al. 2022). Keunggulan ini sulit dicapai melalui pemeriksaan klinis konvensional yang hanya dilakukan pada titik waktu tertentu. (Rowan, et al. 2022)

Meskipun memiliki potensi besar, *wearable* memiliki tantangan, utamanya berasal dari penempatan perangkat, karena lokasi pemasangan sangat memengaruhi akurasi, beberapa jenis aktivitas lebih mudah terdeteksi pada lokasi tubuh tertentu dibandingkan lokasi lainnya. (Alim and Imtiaz 2023). Tantangan lainnya adalah kepatuhan pengguna *wearable*. Studi mengenai penggunaan *wearable* pada ibu hamil menunjukkan bahwa tingkat kepatuhan pemakaian tidak konsisten sepanjang kehamilan. Kepatuhan tertinggi ditemukan pada fase prakehamilan, kemudian menurun selama trimester 1–3, dan semakin menurun setelah persalinan, menunjukkan bahwa banyak ibu menghentikan atau mengurangi penggunaan perangkat seiring waktu. Faktor penyebabnya meliputi ketidaknyamanan, masa pakai baterai yang pendek, ketidakakuratan sensor sesekali, gangguan sinkronisasi data, serta kebiasaan lupa memakai perangkat. (Stricker, Radan and Surbek 2025) (Mishra, et al. 2024)

Oleh karena itu, peningkatan teknologi dan desain termasuk kenyamanan pemakaian, akurasi sensor, daya tahan baterai, dan kemudahan penggunaan masih diperlukan agar ibu hamil bersedia memakai perangkat secara konsisten dan menghasilkan data berkualitas tinggi. Selain itu, pemrosesan data harus dilakukan secara aman dan akurat karena kesalahan interpretasi dapat memicu perilaku yang keliru dan berpotensi membahayakan kesehatan ibu maupun janin. (Maugeri, Barchitta and Agodi 2023) Di sisi lain, beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan ibu hamil tentang fungsi dan manfaat *wearable* masih terbatas, sehingga edukasi pengguna menjadi bagian penting dalam keberhasilan implementasi dan penerimaan teknologi ini. (Li, et al. 2021) (Galea, et al. 2020) Selain tantangan kepatuhan, akurasi deteksi aktivitas fisik juga sangat bergantung pada kesesuaian antara jenis aktivitas dan posisi sensor. Aktivitas yang melibatkan postur, membungkuk, atau ambulasi lebih akurat terdeteksi ketika sensor ditempatkan di pinggul, saku, pergelangan kaki, atau paha. Sebaliknya, aktivitas yang melibatkan bagian tubuh atas lebih baik dikenali melalui sensor yang dipasang pada lengan, dada, leher, atau siku. Sensor di area saku optimal untuk aktivitas seperti bersepeda atau naik-turun tangga, sedangkan posisi pergelangan tangan lebih baik untuk mendeteksi aktivitas seperti makan atau merokok. (Ullah, et al. 2021)

Tantangan implementasi lain meliputi larangan penggunaan perangkat di beberapa lingkungan kerja serta hambatan teknis terkait konektivitas atau integrasi sistem. Meskipun ibu hamil umumnya memiliki persepsi positif terhadap *wearable* (Runkle, et al. 2019), durasi pemakaian tetap menurun seiring perkembangan kehamilan, sehingga pemahaman terhadap perspektif ibu dan strategi peningkatan kepatuhan menjadi kunci keberhasilan penerapan teknologi ini. (Grym, et al. 2019) Keberhasilan implementasi juga sangat dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur kesehatan, kompetensi tenaga kesehatan, interoperabilitas sistem, serta perlindungan data pribadi. Selain itu, kesenjangan sumber daya digital terutama di negara berkembang masih menjadi hambatan bagi adopsi teknologi ini secara merata. Pada akhirnya, kepatuhan pengguna memiliki dampak signifikan terhadap kualitas data; kepatuhan cenderung meningkat ketika ibu merasakan manfaat langsung dari pemantauan, tetapi menurun pada periode postpartum atau dalam kondisi psikososial tertentu.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa perangkat *wearable* berpotensi mengubah paradigma pemantauan antenatal dari *episodic clinic based monitoring* menjadi *continuous home based monitoring*. *Wearable* mampu merekam tanda vital secara kontinu, non invasif, dan real time serta secara konsisten mengidentifikasi pola fisiologis penting seperti peningkatan RHR, penurunan HRV, perubahan aktivitas fisik, pola tidur, suhu, laju napas, dan tekanan darah yang relevan sebagai indikator awal risiko komplikasi kehamilan. Integrasi dengan sistem berbasis IoT juga memungkinkan transmisi data langsung kepada tenaga kesehatan sehingga dapat mempercepat pengambilan keputusan klinis dan meningkatkan rasa aman bagi ibu hamil. Meskipun demikian, transformasi menuju pemantauan berkelanjutan di rumah memerlukan landasan ilmiah dan sistem kesehatan yang lebih kuat. Validasi klinis lintas perangkat dan algoritme, pedoman praktik berbasis bukti, serta jaminan akurasi, keamanan data, dan privasi menjadi prasyarat utama. Selain itu, kesiapan tenaga kesehatan dan kesiapan pengguna turut menentukan keberhasilan implementasi. Studi yang ada mengindikasikan bahwa uji klinis multisenter berskala besar, analisis efektivitas biaya, serta penelitian berbasis *maternal neonatal outcomes* masih sangat diperlukan untuk memastikan bahwa penggunaan *wearable* benar-benar berdampak pada penurunan morbiditas dan mortalitas maternal serta perinatal.

Ketika temuan utama dikaitkan dengan kualitas bukti, terlihat bahwa kekuatan generalisasi studi masih bervariasi. Mayoritas penelitian memiliki risiko bias kategori sedang

akibat ukuran sampel yang kecil, ketiadaan kelompok kontrol, keterbatasan validasi sensor terhadap standar klinis, serta pelaporan yang kurang komprehensif terkait variabel perancu. Studi longitudinal berskala besar dengan risiko bias rendah memberikan bukti paling kuat terkait dinamika fisiologis kehamilan, sedangkan studi pilot dan studi kasus lebih banyak berkontribusi pada aspek kelayakan implementasi dan penerimaan pengguna. Dengan demikian, meskipun bukti yang tersedia mendukung potensi klinis *wearable*, interpretasi harus dilakukan secara hati-hati dengan mempertimbangkan heterogenitas perangkat, algoritme sensor, parameter yang dipantau, serta variasi metodologi. Efektivitas *wearable* dalam memengaruhi luaran klinis belum dapat disimpulkan secara pasti. Sebagian besar studi berfokus pada kelayakan teknis, akurasi sensor, penerimaan pengguna, dan karakteristik pola fisiologis, bukan pada *clinical endpoints* seperti kejadian preeklamsia, morbiditas/mortalitas maternal, atau luaran neonatal. Karena itu, saat ini *wearable* lebih tepat diposisikan sebagai teknologi *supportive* untuk pemantauan fisiologis berkelanjutan dan peningkatan *maternal self-awareness*, bukan sebagai alat diagnostik mandiri.

Optimalisasi implementasi *wearable* memerlukan pendekatan komprehensif yang mencakup: (1) validasi klinis lintas perangkat dan algoritme, (2) kesiapan infrastruktur layanan kesehatan dan interoperabilitas sistem, (3) peningkatan kepatuhan penggunaan melalui desain yang lebih ergonomis dan ramah pengguna, (4) perlindungan keamanan serta privasi data, dan (5) perhatian terhadap faktor sosial budaya yang memengaruhi penerimaan teknologi. Penelitian lanjutan berskala besar, uji efektivitas biaya, dan pengembangan pedoman praktik berbasis bukti sangat penting untuk mendorong *wearable* menjadi komponen utama dalam layanan kebidanan preventif dan prediktif. Studi-studi berbasis IoT menegaskan bahwa integrasi *wearable* dalam sistem layanan kesehatan dapat mempercepat *clinical decision-making* melalui *provider patient communication loop*. Namun, tantangan implementasi tetap mencakup kesiapan infrastruktur digital, kompetensi tenaga kesehatan, perlindungan data pribadi, interoperabilitas sistem, serta ketimpangan akses teknologi di negara berkembang. Aspek kepatuhan pemakaian juga menjadi faktor kunci, karena kepatuhan meningkat ketika ibu merasakan manfaat langsung tetapi cenderung menurun pada masa postpartum atau kondisi psikososial tertentu.

Secara keseluruhan, hasil systematic review ini menegaskan bahwa *wearable* merupakan inovasi menjanjikan dalam era digitalisasi kebidanan. Perangkat ini tidak hanya mendukung deteksi dini komplikasi melalui pemantauan tanda vital berkesinambungan, tetapi juga meningkatkan keterlibatan ibu dalam *self-monitoring* dan *self-management*. Namun, penerapan klinisnya memerlukan pendekatan terpadu yang mempertimbangkan validitas ilmiah, kesiapan layanan kesehatan, regulasi keamanan data, serta aspek etis dan sosial. Dengan dukungan sistem yang tepat, *wearable* berpotensi menjadi pilar penting dalam layanan kebidanan preventif dan prediktif di masa mendatang.

KESIMPULAN

Hasil tinjauan sistematis ini menegaskan bahwa pemanfaatan perangkat *wearable* berpotensi memperkuat pemantauan kesehatan ibu hamil melalui pencatatan parameter fisiologis secara berkelanjutan, non-invasif, dan berbasis waktu nyata. Berbagai studi menunjukkan adanya pola perubahan fisiologis selama kehamilan, seperti kecenderungan peningkatan denyut jantung istirahat, penurunan variabilitas denyut jantung, perubahan pola tidur dan aktivitas fisik, fluktuasi suhu kulit, laju pernapasan, serta tekanan darah, yang dapat direkam secara konsisten menggunakan teknologi *wearable*. Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa *wearable devices* berpotensi berfungsi sebagai alat pendukung

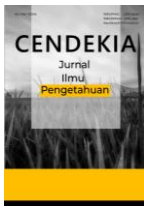
surveilans kesehatan maternal sekaligus sarana peningkatan kesadaran dan keterlibatan ibu dalam pemantauan kondisi kesehatannya selama kehamilan.

Meskipun demikian, bukti empiris terkait efektivitas wearable dalam memperbaiki luaran klinis maternal dan perinatal masih belum konklusif. Variasi desain penelitian, perbedaan jenis perangkat dan sensor, serta ketidakseragaman metode analisis data menjadi faktor yang membatasi generalisasi hasil. Oleh karena itu, penggunaan wearable dalam praktik kebidanan saat ini lebih tepat diposisikan sebagai pelengkap pemantauan antenatal, bukan sebagai pengganti pemeriksaan klinis konvensional. Integrasi teknologi ini ke dalam sistem pelayanan kesehatan memerlukan validasi klinis yang lebih kuat, pengembangan standar operasional yang terstruktur, serta pendekatan implementasi yang memperhatikan aspek keamanan, keberlanjutan, dan konteks pelayanan kesehatan ibu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, A., & Imtiaz, M. H. (2023). Wearable sensors for the monitoring of maternal health: A systematic review. *Sensors*, 23(5), 2411. <https://doi.org/10.3390/s23052411>
- Bossung, V., Singer, A., Ratz, T., Rothenbühler, M., Leeners, B., & Kimmich, N. (2023). Changes in heart rate, heart rate variability, breathing rate, and skin temperature throughout pregnancy and the impact of emotions: A longitudinal evaluation using a sensor bracelet. *Sensors*, 23(14), 6620. <https://doi.org/10.3390/s23146620>
- Bruce, L. K., González, D., Dasgupta, S., & Smarr, B. L. (2024). Biometrics of complete human pregnancy recorded by wearable devices. *npj Digital Medicine*, 7, Article 183. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01183-9>
- Brun, R., Girsberger, J., Rothenbühler, M., Argyle, C., Hutmacher, J., Haslinger, C., & Leeners, B. (2022). Wearable sensors for prediction of intraamniotic infection in women with preterm premature rupture of membranes: A prospective proof-of-principle study. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 307(2), 547–555. <https://doi.org/10.1007/s00404-022-06753-4>
- Byfield, R., Yang, I., & Carlson, N. (2025). A scoping review of studies reporting heart rate variability measurement among pregnant and postpartum people using wearable technology. *Biological Research for Nursing*, 27(3). <https://doi.org/10.1177/10998004251325212>
- Du, Y. C., Lim, B. Y., Kuo, P. L., & Tsai, P. Y. (2021). A wearable device for evaluation of relative position, force, and duration of fetal movement for pregnant woman care. *IEEE Sensors Journal*, 21(17), 19452–19460. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3089076>
- Faria Habib, M. N. I., Bhowmik, M., Anannya, T. T., & Aadeeb, M. S. (2025). Caremother: Integrating smart assistance into prenatal care for improved maternal health outcomes. *Discover Health Systems*, 4, Article 19. <https://doi.org/10.1007/s44250-025-00199-6>
- Galea, J. T., Ramos, K., Coit, J., Friedman, L. E., Contreras, C., Dueñas, M., Hernandez, N., Muster, C., Lecca, L., & Gelaye, B. (2020). The use of wearable technology to objectively measure sleep quality and physical activity among pregnant women in urban Lima, Peru: A pilot feasibility study. *Maternal and Child Health Journal*, 24(6), 823–831. <https://doi.org/10.1007/s10995-020-02931-5>

- Grym, K., Niela-Vilén, H., Ekholm, E., Hamari, L., Azimi, I., Rahmani, A. M., Liljeberg, P., Löyttyniemi, E., & Axelin, A. (2019). Feasibility of smart wristbands for continuous monitoring during pregnancy and one month after birth. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 19, Article 34. <https://doi.org/10.1186/s12884-019-2187-9>
- Hiyama, R., Saito, M., Nakanishi, Y., Hirose, Y., & Arisumi, S. (2015). Baby Bumper: Protector/communication wearable device for pregnant women. In *Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 173–176). <https://doi.org/10.1145/2800835.280090>
- Jimah, T., Kehoe, P., Borg, H., Pimentel, P., Rahmani, A. M., Dutt, N., & Guo, Y. (2022). A micro-level analysis of physiological responses to COVID-19: Continuous monitoring of pregnant women in California. *Frontiers in Public Health*, 10, 808763. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.808763>
- Lee, T.-I., Chiang, Y.-H., Guo, J., Chen, M.-T., & Chen, Y. (2016). Dot-it: Managing nausea and vomiting for a peaceful pregnancy with personal pattern exploration. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Extended Abstracts). <https://doi.org/10.1145/2851581.289063>
- Li, X., Lu, Y., Shi, S., Zhu, X., & Fu, X. (2021). The impact of healthcare monitoring technologies for better pregnancy. In *Proceedings of the International Conference on Electronics Technology* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1109/ICET51757.2021.9450980>
- Lopez, B. D. B., Armas Aguirre, J. A., Reyes Coronado, D. A., & Gonzalez, P. A. (2018). Wearable technology model to control and monitor hypertension during pregnancy. In *Proceedings of the Iberian Conference on Information Systems and Technologies*. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399200>
- Maugeri, A., Barchitta, M., & Agodi, A. (2023). How wearable sensors can support research on foetal and pregnancy outcomes: A scoping review. *Journal of Personalized Medicine*, 13(2), 218. <https://doi.org/10.3390/jpm13020218>
- Mishra, A., Park, J., Shapiro, I., Fisher-Colbrie, T., Baird, D. D., Suharwardy, S., Zhang, S., Jukic, A. M. Z., & Curry, C. L. (2024). Trends in sensor-based health metrics during and after pregnancy: Descriptive data from the Apple Women's Health Study. *AJOG Global Reports*, 4, 100388. <https://doi.org/10.1016/j.xagr.2024.100388>
- Musyoka, F. M., Thiga, M. M., & Muketha, G. M. (2019). A 24-hour ambulatory blood pressure monitoring system for preeclampsia management in antenatal care. *Informatics in Medicine Unlocked*, 16, 100199. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2019.100199>
- Niela-Vilén, H., Auxier, J., Ekholm, E., Sarhaddi, F., Mehrabadi, M. A., Mahmoudzadeh, A., Azimi, I., Liljeberg, P., Rahmani, A. M., & Axelin, A. (2021). Pregnant women's daily patterns of well-being before and during the COVID-19 pandemic in Finland: Longitudinal monitoring through smartwatch technology. *PLOS ONE*, 16(2), e0246494. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246494>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>



- Penders, J., Altini, M., Van Hoof, C., & Dy, E. (2015). Wearable sensors for healthier pregnancies. *Proceedings of the IEEE*, 103(2), 179–191. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2014.2387017>
- Rowan, S. P., Lilly, C. L., Claydon, E. A., Wallace, J., & Merryman, K. (2022). Monitoring one heart to help two: Heart rate variability and resting heart rate using wearable technology across the perinatal period. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 22, Article 918. <https://doi.org/10.1186/s12884-022-05183-z>
- Runkle, J., Sugg, M., Boase, D., Galvin, S. L., & Coulson, C. C. (2019). Use of wearable sensors for pregnancy health and environmental monitoring: Descriptive findings from patients and providers. *Digital Health*, 5. <https://doi.org/10.1177/20552076198282>
- Saarikko, J., Niela-Vilén, H., Ekholm, E., Hamari, L., Azimi, I., Liljeberg, P., Rahmani, A. M., Löyttyniemi, E., & Axelin, A. (2020). Continuous 7-month IoT-based monitoring of health parameters of pregnant and postpartum women: Prospective observational feasibility study. *JMIR Formative Research*, 4(7), e12417. <https://doi.org/10.2196/12417>
- Sarhaddi, F., Azimi, I., Axelin, A., Niela-Vilén, H., Liljeberg, P., & Rahmani, A. M. (2022). Trends in heart rate and heart rate variability during pregnancy and the 3-month postpartum period. *JMIR mHealth and uHealth*, 10(3), e33458. <https://doi.org/10.2196/33458>
- Sarhaddi, F., Azimi, I., Labbaf, S., Niela-Vilén, H., Dutt, N., Axelin, A., Liljeberg, P., & Rahmani, A. M. (2021). Long-term IoT-based maternal monitoring: System design and evaluation. *Sensors*, 21(7), 2281. <https://doi.org/10.3390/s21072281>
- Stricker, K., Radan, A.-P., & Surbek, D. (2025). Continuous remote home monitoring solutions for mother and fetus: A scoping review. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 296, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2024.12.018>
- Ullah, F., Iqbal, A., Iqbal, S., Kwak, D., Anwar, H., Khan, A., Ullah, R., Siddique, H., & Kwak, K.-S. (2021). A framework for maternal physical activities and health monitoring using wearable sensors. *Sensors*, 21(15), 4949. <https://doi.org/10.3390/s21154949>
- Van Velthoven, M. H., Oke, J., & Kardos, A. (2023). ChroniSense National Early Warning Score study: Comparison of a wearable wrist device to measure vital signs in hospitalized patients. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e40226. <https://doi.org/10.2196/40226>