HJK HOLISTIK JURNAL KESEHATAN
ISSN 1978-3337 (Print)
ISSN 2620-7478 (Online)
DOI: 10.33024
sinta 3 Terakreditasi
Nomor: 79/E/KPT/2023

INFORMASI ARTIKEL
Received: May, 23, 2026
Revised: August, 26, 2026
Available online: August, 28, 2026
at: https://e-jurnal.iphorr.com/index.php/hjk

Implementasi *internet of medical things* (IOMT) dan perangkat *wearable* untuk deteksi kejang epilepsi: Sebuah tinjauan literatur

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Fakultas Kedokteran, Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

Abstract

Background: Epilepsy affects over 50 million people worldwide and poses risks of Sudden Unexpected Death in Epilepsy (SUDEP). Standard video-EEG (vEEG) monitoring is limited by cost, mobility, and discomfort, while self-reporting is often inaccurate due to post-ictal amnesia.
Purpose: To evaluate recent developments in Internet of Medical Things (IoMT) technology and the effectiveness of various biosensor modalities for automated seizure detection.
Method: This literature review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. The article search was designed using the PICOS framework: P (problem, patient, or population), I (intervention, prognostic factor, or exposure), C (comparison or control), O (outcome), and S (study). The literature search was conducted on PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar using the keywords “epilepsy” AND “epileptic seizure” AND “Internet of Medical Things” AND “wearable devices” AND “seizure detection” AND “seizure monitoring” AND “machine learning” AND “deep learning.” The publication timeframe was from 2020 to 2026, and the search included articles in both English and Indonesian. The search yielded 12 relevant and usable articles.
Results: Findings indicate that while high-level architectures like transformer-based SEEGformer offer the highest accuracy, non-invasive wearables are more practical for daily use. Multimodal sensor integration (ACC, EDA, and ECG) is proven superior in reducing False Alarm Rates (FAR) compared to single-sensor approaches. Local innovations such as EpCare demonstrate significant potential in pre-ictal phase detection using the Cardiac Sympathetic Index (CSI). IoMT integration with cloud and smartphone platforms enables real-time notifications and the development of closed-loop systems for automated intervention. However, limited datasets, inter-individual physiological variability, and non-motor seizure detection remain primary challenges.
Conclusion: The combination of multimodal wearables, artificial intelligence, and IoMT integration represents the most promising solution for future epilepsy management. Large-scale validation and personalized approaches are essential to enhance the clinical effectiveness of these systems.

Keywords: Epilepsy; Epilepsy Monitoring; Internet of Medical Things; Seizure Detection; Wearable Devices.

PENDAHULUAN

Gangguan neurologis menjadi salah satu gangguan kronis yang paling umum dan mempengaruhi lebih dari 50 juta orang dari segala usia, salah satunya adalah epilepsi (Habtamu et al., 2023). Gangguan neurologis ini ditandai dengan kejang berulang akibat terdapat gangguan pada aktivitas listrik di sel saraf otak. Kejang ini cenderung terjadi dalam waktu yang tidak pasti sehingga menyebabkan risiko fisik yang signifikan, mulai dari cedera jatuh hingga status epileptikus yang mengancam jiwa serta berisiko menyebabkan kematian mendadak pada pasien epilepsi atau yang

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

dikenal sebagai *Sudden Unexpected Death in Epilepsy* (Ferreira et al., 2026).

Kejang yang tidak dapat diprediksi ini menyebabkan beban psikologis dan sosial yang juga berpengaruh pada kualitas hidup dan kemandirian pasien dalam beraktivitas sehari-hari (Hassan et al., 2022). Pasien pengidap epilepsi merasa cemas untuk melakukan aktivitasnya sehari-hari karena takut mengalami serangan neurologis mendadak di tempat umum tanpa bantuan medis yang memadai. Pemantauan ber-standar emas masih menggunakan *Video-Electroencephalography* (vEEG) yang dilakukan secata invasif di unit pemantauan rumah sakit. Metode ini memiliki keterbatasan yang besar dalam hal biaya dan kenyamanan pasien, sehingga beberapa pasien tidak dapat menggunakan alat pemantauan ini karena biaya yang mahal dan membuat pasien tidak nyaman dengan terpasangnya kabel dalam waktu yang lama (Beniczky et al., 2021).

Pemantauan invasif di unit rumah sakit sering gagal dalam menangkap kejadian kejang yang terjadi di kehidupan nyata karena durasi pengamatan yang terbatas. Pelaporan mandiri melalui buku harian kejang juga tidak terbukti secara akurat karena pasien sering mengalami amnesia pasca-iktal. Banyak pasien yang tidak menyadari apabila dirinya baru saja mengalami kejang, terutama jika serangan tersebut terjadi ketika mereka tidur lelap (Rukasha et al., 2020).

Kemajuan dalam teknologi kedokteran, seperti *Internet of Medical Things* (IoMT) telah membuka peluang baru melalui *wearable device* yang ringan dan non-invasif (Wibowo, 2026). Perangkat ini berpeluang untuk sistem pemantauan yang berkelanjutan terhadap sinyal fisiologis seperti elektrokardiogram (EKG), aktivitas elektrodermal (EDA), dan akselerometri (ACC) (Böttcher et al., 2021). Penggunaan perangkat yang disambungkan dengan *smartphone* dapat mendeteksi kejang secara *real-time* untuk memberikan peringatan otomatis kepada pengasuh (Jeppesen et al., 2025). Perangkat ini juga dilengkapi dengan sensor multimodal yang terbukti dapat meningkatkan sensitivitas deteksi kejang sekaligus menekan angka terjadinya alarm palsu yang sering mengganggu kenyamanan pengguna (Habtamu et al., 2023).

Tekonologi lokal juga mulai berinovasi yang menunjukkan potensi yang besar, seperti *prototipe EpCare* yang dikembangkan dengan tujuan untuk mendeteksi fase pre-iktal pada pengidap epilepsi secara akurat. Teknologi ini menggunakan sistem *Complex Support Index* (CSI) dari sinyal EKG untuk mengenali tanda-tanda sebelum benar-benar terjadinya kejang (Wulandari et al., 2023). Sistem ini sangat krusial bagi pasien dan pengasuh sehingga mereka memiliki waktu untuk melakukan tindakan pebcegahan atau pengaman yang diperlukan. Perkembangkan perangkat ini dibuat secara semakin terjangkau dan akurat sehingga menjadi jembatan penting untuk perawatan pasien epilepsi yang lebih inklusif (Alzghoul & Alajlouni, 2022).

Efektivitas sistem IoMT ini juga sangat bergantung pada kecanggihan algoritma pemrosesan sinyal fisiologis yang didapatkan. Penggunaan *Machine Learning* dan *Deep Learning* telah terbukti telah meningkatkan akurasi deteksi kejang secara signifikan melalui analisis dari pola sinyal fisiologis yang kompleks (Darankoum et al., 2026). Teknik analisis *Heart Rate Variability* (HRV) kini menjadi salah satu metode utama untuk pengenalan perubahan sistem saraf otonom yang menyebabkan serangan epilepsy. Algoritma ini mampu membedakan antara aktivitas fisik normal dengan pola gerakan atau sinyal jantung yang mengindikasikan akan adanya serangan kejang (Yamakawa et al., 2020).

Penelitian terbaru bahkan mulai menerapkan arsitektur tingkat tinggi, seperti *transformer* untuk menangani data EEG mentah sehingga mendapatkan *output* secara lebih personal (Wang et al., 2025). Pendekatan teknologi dengan penelitian memungkinakan lokalisasi zona epileptogenik yang lebih presis bagi pengidap epilepsi yang sudah resisten terhadap pengobatan. *Systematic review* ini berfokus pada dua tujuan, yaitu evaluasi perkembangan teknologi IoMT *wearable* terbaru. Evaluasi efektivitas berbagai modalitas sensor yang tersedia saat ini. Pemahaman dari pemaparan dan kedua hal fokus tersebut mengenai tren teknologi kedokteran ini, diharapkan dapat menciptakan solusi pemantauan yang lebih aman, efektif, dan praktis bagi pengidap epilepsi.

METODE

Penelitian *literature review* menggunakan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Desain pencarian artikel dengan merumuskan PICOS yaitu P (*problem,*

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

patient, or population), I (*intervention, prognostic factor, or exposure*), C *(comparison or control*), O (*outcome*) dan S *(study)*. Rumusan PICOS dalam artikel ini yaitu, P: Pasien dengan epilepsi yang mengalami atau berisiko mengalami kejang epilepsy, I: Implementasi *Internet of Medical Things* (IoMT) dan perangkat *wearable* untuk pemantauan, deteksi, atau prediksi kejang epilepsy, C: Metode pemantauan konvensional, pemantauan berbasis rumah sakit, EEG standar, atau tanpa penggunaan perangkat *IoMT/wearable*, O: Akurasi deteksi kejang, sensitivitas, spesifisitas, false alarm rate, deteksi dini kejang, kualitas pemantauan pasien, dan peningkatan keselamatan pasien, S: *cohort study, cross-sectional study, case-control study, clinical trial, systematic review*.

Pencarian literatur yang digunakan berasal dari PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar dengan kata kunci *"epilepsy" AND "epileptic seizure" AND "Internet of Medical Things" AND "wearable devices" AND "seizure detection" AND "seizure monitoring" AND "machine learning" AND "deep learning"*. Rentang waktu publikasi dari tahun 2020-2026 dan menggunakan bahasa internasional (Inggris) dan Indonesia.

Kriteria inklusi mencakup artikel yang dipublikasikan pada rentang tahun 2020–2026, membahas penerapan *Internet of Medical Things* (IoMT) atau perangkat *wearable* dalam konteks kesehatan, serta berkaitan dengan deteksi atau pemantauan epilepsi maupun gangguan neurologis. Artikel yang dipilih menggunakan data empiris, baik melalui penelitian eksperimental, implementasi sistem, maupun pengujian perangkat, serta menyajikan informasi teknis yang mencakup jenis sensor, metode pengolahan sinyal, atau algoritma kecerdasan buatan *(Artificial Intelligence)* dan artikel harus tersedia dalam bentuk teks lengkap (full-text) dan berasal dari sumber ilmiah yang terpercaya.

Krtieria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan topik penelitian, seperti studi yang hanya membahas penggunaan wearable device untuk kebugaran umum tanpa kaitan dengan deteksi atau pemantauan epilepsi. Artikel yang tidak berfokus pada konteks medis atau gangguan epilepsi juga dikeluarkan dari proses seleksi. Artikel yang tidak menyajikan data empiris, hanya berupa opini, komentar, editorial, atau konsep awal tanpa pengujian sistem tidak termasuk dalam kajian ini. Artikel yang teridentifikasi sebagai duplikasi dari publikasi lain akan dieliminasi, demikian pula artikel yang tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap sehingga tidak memungkinkan dilakukan penilaian dan ekstraksi data secara menyeluruh.

Analisis data dilakukan secara naratif dengan mengkaji karakteristik teknis setiap perangkat, meliputi jenis biosensor, metode pengolahan sinyal, algoritma yang digunakan, serta performa deteksi kejang. Hasil kajian kemudian dirangkum secara deskriptif untuk mengidentifikasi tren, keunggulan, keterbatasan, dan arah pengembangan teknologi di bidang penanganan epilepsy.

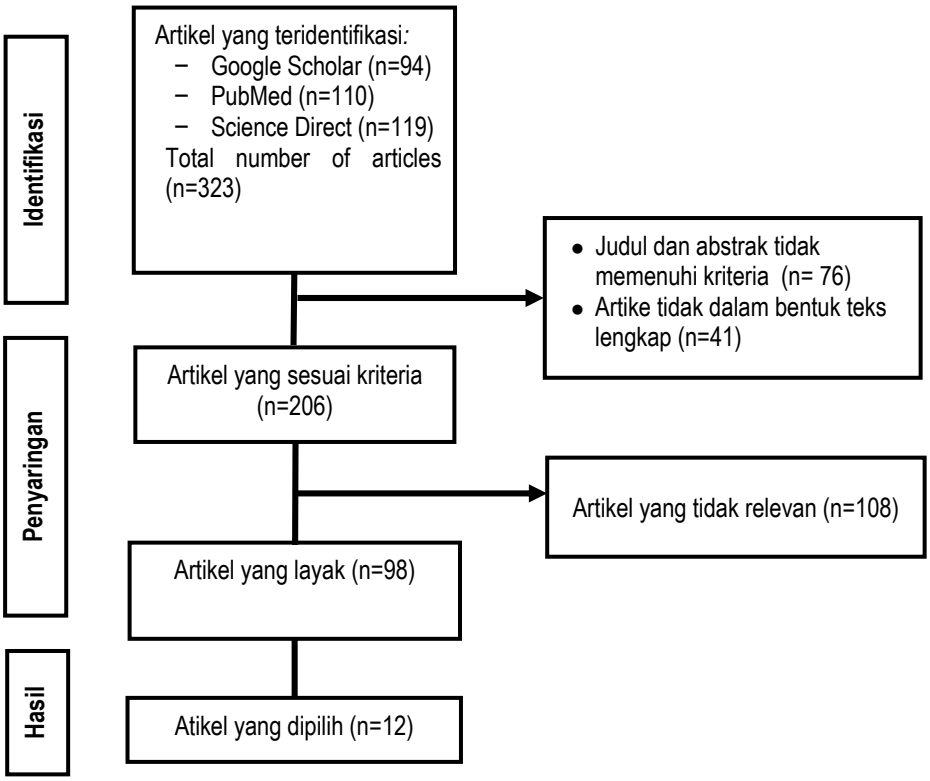
Peneliti mengidentifikasi sebanyak 323 artikel dari PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar. Kemudian diekstraksi mendapatkan 12 artikel yang relevan dan dapat digunakan. Temuan *review* ini untuk mengevaluasi perkembangan teknologi *Internet of Medical Things* (IoMT) terbaru dan efektivitas berbagai modalitas sensor dalam deteksi kejang otomatis.

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

HASIL



Gambar Diagram Alir PRISMA

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

Tabel Hasil Pemetaan Data Artikel

(Penulis) (Negara)	Metode	Teknologi	Algoritma	Hasil Utama	Kelebihan	Kekurangan
(Wang et al., 2025) (China)	Studi Eksperimental	*Electroencephalography* (EEG) dan *Stereoelectroencephalography* (SEEG) Former	*Deep Learning* (Transformer)	*Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve* (AUROC) 0.937, akurasi tinggi dalam deteksi dan lokalisasi zona epileptogenik	Akurasi Tinggi	Kurang praktis untuk penggunaan harian
(Bottcher et al., 2021) (Jerman)	Studi observasional	Accelerometer, *Electrodermal Activity* (EDA)	*Gradient Boosting*	Sensitivitas tinggi dan false alarm rendah	*Monitoring realtime*	Data terbatas
(Hassan et al., 2022) (Iran)	Pengembangan system IoT	*Electrocardiogram* (ECG), *Electromyography (*EMG), *Accelerometer* (ACC), suhu	*Fuzzy Logic*	Akurasi tinggi dalam pemantauan fisiologis	*Monitoring realtime*	Kompleksitas sistem
(Habtamu et al., 2023) (Iran)	Studi perangkat wearable	*Accelero meter, Pulse Oximeter*	*Machine Learning*	Deteksi kejang *realtime* biaya rendah	Cocok untuk daerah terbatas sumber daya	Validasi terbatas
(Wulandari et al., 20223) (Indonesia)	Studi prototipe	ECG	*Cardiac Sympathetic Index* (CSI)	Deteksi pase pre-iktal	Prediksi kejang sebelum terjadi	Performa moderat
(Rukasha et al., 2020) (India)	*Systematic Review*	*Wearable multimodal*	*Machine Learning*	Multisensor meningkatkan sensitivitas	*False detection rate* lebih	Kurangnya evaluasi perangkat

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

					rendah	komersial
(Ferreira et al., 2025) (Italia)	Studi teknologi *Artificial Intelegenci* (AI)	*Wearable* + IoMT	*AI Closed loop System*	Prediksi dan intervensi otomatis	Pencegahan *Sudden Unexpected Death in Epilepsy*	Masih tahap pengembangan
(Beniczky et al., 2021) (Polandia)	*Guideline* klinis	*Wearable device*	*Evidence based practice*	Direkomen dasikan untuk deteksi kejang	Dukungan klinis kuat	Tidak menggantikan EEG
(Jeppesen et al., 2025) (Skotlandia)	Studi *system monitoring*	Wearable dan smartphone	*Realtime monitoring*	Notifikasi otomatis	Respon cepat	Ketergantungan konektivitas
(Alzghoul & Alajlouni, 2022) (Pakistan)	Studi teknologi *wearable*	Sensor *multimodal*	*Machine learning*	Peningkatan akurasi deteksi	*System noninvasive*	Variabilitas fisiologis
(Darankoum et al., 2026) (Amerika Serikat)	Studi AI	Biosignal analisis	*Deep learning*	Analisis pola sinyal kompleks	Akurasi meningkat	Dataset kecil
(Yamakawa et al., 2020) (Jepang)	Studi fisiologis	Heart rate variability	*Signal processing*	Deteksi perubahan system saraf otonom	Deteksi dini	Sensitivitas terbatas

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

PEMBAHASAN

Hasil dari dua belas artikel yang dianalisis menunjukkan beragam desain penelitian, meliputi studi eksperimental, observasional, pengembangan sistem IoT, pengembangan perangkat *wearable*, kecerdasan buatan, fisiologi, *systematic review*, dan *guideline* klinis (Wang et al., 2025). Penelitian berfokus pada pengembangan dan evaluasi teknologi untuk meningkatkan akurasi deteksi serta pemantauan kejang *epilepsy* (Bottcher et al., 2021).

Perangkat yang digunakan terbagi menjadi dua kelompok utama, yaitu sistem berbasis EEG dan perangkat *wearable* non-invasif (Hassan et al., 2022). Sensor yang paling sering digunakan adalah *accelerometer* (ACC) untuk mendeteksi pergerakan tubuh, diikuti *electrodermal activity* (EDA) untuk memantau respons saraf simpatis, serta *electrocardiogram* (ECG) dan *Heart Rate Variability* (HRV) untuk mengukur perubahan kardiovaskular yang berkaitan dengan kejang. Beberapa studi juga mengombinasikan beberapa sensor untuk meningkatkan akurasi deteksi (Habtamu et al., 2023; Wulandari et al., 2023).

Variabel fisiologis yang paling banyak dianalisis meliputi aktivitas listrik otak (EEG/SEEG), gerakan tubuh melalui sinyal akselerometri, aktivitas elektrodermal (EDA), serta parameter kardiovaskular seperti ECG, HRV, dan *Cardiac Sympathetic Index* (CSI) (Umar, Andani, & Risnawati, 2026). Penelitian ini juga memantau suhu tubuh sebagai bagian dari sistem pemantauan multimodal untuk mendeteksi fase pre-iktal maupun kejadian kejang secara lebih akurat (Jeppesen et al., 2025; Yamakawa et al., 2020).

Berdasarkan hasil kajian terhadap 12 artikel yang dianalisis, terlihat adanya perkembangan yang signifikan dalam ekosistem teknologi IoMT dan *wearable device* untuk deteksi kejang *epilepsy* (Sahid et al., 2026). Berbagai pendekatan teknologi, mulai dari sistem berbasis EEG hingga perangkat wearable non-invasif, menunjukkan potensi yang besar sebagai solusi pemantauan di luar fasilitas klinis (Simangunsong, Sihombing, & Ridwan, 2026).

Sistem berbasis EEG, khususnya yang menggunakan arsitektur transformer seperti SEEGformer, menunjukkan performa deteksi kejang tertinggi dengan nilai *Area Under Receiver Operating Characteristic* (AUROC) sebesar 0.937. Sistem ini tidak hanya mampu mendeteksi kejang, tetapi juga melokalisasi zona epileptogenik secara personal pada pasien epilepsi resisten obat. Makna klinisnya sangat signifikan, terutama bagi pasien yang menjadi kandidat bedah epilepsi, karena lokalisasi yang akurat dapat membantu perencanaan tindakan reseksi (Wang et al., 2025). Teknologi ini memerlukan elektroda intracranial, sehingga tidak dapat digunakan secara harian oleh pasien epilepsi pada umumnya. Penerapan *deep learning* untuk klasifikasi dan deteksi kejang dari sinyal EEG mentah, yang menunjukkan peningkatan akurasi, tetapi juga terkendala oleh ukuran dataset yang relatif kecil (Setyanto & Laksmini, 2025).

Sebagian besar artikel yang dianalisis menunjukkan, bahwa perangkat *wearable* non-invasif berbasis sensor ACC, EDA, dan ECG lebih cocok untuk penggunaan jangka panjang di luar fasilitas klinis. Kombinasi ACC dan EDA dalam sistem RADAR-CNS mampu mendeteksi kejang tonik-klonik dengan sensitivitas tinggi dan *false alarm rate* yang rendah menggunakan algoritma *gradient boosting* (Kurniawan, 2026). Kemampuan mengurangi *false alarm* sangat penting karena alarm palsu yang berlebihan dapat menurunkan kepercayaan dan kepatuhan pengguna terhadap sistem pemantauan (Bottcher et al., 2021). Sebuah *systematic review* menunjukkan, bahwa penggunaan sensor multimodal secara konsisten menghasilkan *false detection rate* yang lebih rendah dibandingkan sensor tunggal (Rukasha et al., 2020).

Pengembangan perangkat wearable berbiaya rendah menggunakan accelerometer dan pulse oximeter yang mampu mendeteksi kejang secara *realtime*, menjadikannya solusi relevan untuk kawasan dengan keterbatasan sumber daya. Makna klinisnya adalah perluasan akses pemantauan epilepsi ke populasi yang selama ini tidak terjangkau oleh teknologi mahal (Habtamu et al., 2023). Sistem *wearable* berbasis sensor multimodal dengan pendekatan *machine learning* mampu meningkatkan akurasi deteksi, meskipun variabilitas fisiologis antar individu masih menjadi tantangan yang belum sepenuhnya teratasi (Alzghoul & Alajlouni, 2022).

Beberapa penelitian menyoroti pentingnya kemampuan prediksi kejang sebelum terjadi (fase pre-iktal) sebagai nilai tambah yang signifikan secara klinis. Pengembangan prototipe EpCare yang mengekstraksi *Cardiac Sympathetic Index* (CSI) dari

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

sinyal ECG satu kanal menggunakan modul AD8232 untuk mendeteksi tanda-tanda pre-iktal. Pendekatan ini memberikan peluang bagi pasien dan pengasuh untuk mengambil tindakan pencegahan seperti memposisikan pasien dengan aman sebelum kejang terjadi (Wulandari et al., 2023). Analisis *Heart Rate Variability* (HRV) dapat mendeteksi perubahan sistem saraf otonom yang mendahului kejang, meskipun sensitivitasnya masih terbatas untuk jenis kejang tertentu (Yamakawa et al., 2020). Validasi klinis fase 3 pada sistem deteksi kejang berbasis ECG *wearable* yang terhubung ke smartphone, membuktikan kelayakan klinis sistem ini untuk notifikasi otomatis secara *real-time* (Iskandar et al., 2026).

Tren terbaru yang ditemukan dalam analisis ini adalah integrasi perangkat wearable dengan ekosistem IoMT yang mencakup *smartphone* dan *cloud computing* (Amalia, 2026). Sistem IoT yang memantau sinyal ECG, EMG, ACC, dan suhu secara bersamaan menggunakan logika *fuzzy* untuk memberikan peringatan kepada tenaga medis secara real-time (Hassan et al., 2022). Sistem serupa yang memungkinkan notifikasi otomatis kepada pengasuh melalui smartphone. Makna klinisnya adalah percepatan respons intervensi medis atau pertolongan pertama yang dapat mengurangi risiko cedera akibat kejang tanpa pengawasan (Jeppesen et al., 2025). Konsep *closed-loop system* berbasis AI yang tidak hanya mendeteksi dan memprediksi kejang, tetapi juga secara otomatis mengaktifkan intervensi terapeutik untuk mencegah *Sudden Unexpected Death in Epilepsy* (SUDEP) (Ferreira et al., 2025).

Pendekatan ini merepresentasikan evolusi tertinggi teknologi IoMT dalam manajemen epilepsi, meskipun masih dalam tahap pengembangan dan belum siap untuk implementasi klinis skala luas. Laporan dari *International League Against Epilepsy* (ILAE) memberikan fondasi berbasis bukti bagi penggunaan klinis wearable, menegaskan bahwa perangkat tersebut dapat direkomendasikan sebagai komplemen terhadap pemantauan EEG konvensional meski belum dapat menggantikannya sepenuhnya (Beniczky et al., 2021).

Perkembangan teknologi ini sangat menjanjikan, terdapat beberapa keterbatasan yang secara konsisten ditemukan lintas studi. Pertama, ukuran dataset penelitian yang relatif kecil menjadi kendala validasi. Kedua, variabilitas fisiologis yang tinggi antar individu menyulitkan generalisasi algoritma (Habtamu et al., 2023). Ketiga, kesulitan mendeteksi kejang non-motorik yang tidak menampakkan perubahan gerakan jelas juga masih menjadi tantangan pada hampir seluruh perangkat berbasis ACC (Hassan et al., 2022). Keempat, sistem seperti yang dikembangkan sangat bergantung pada konektivitas jaringan untuk berfungsi optimal (Jeppesen et al., 2025). Secara klinis, keterbatasan ini mengindikasikan bahwa validasi skala besar, pendekatan personalisasi berbasis profil fisiologis individu, dan pengembangan algoritma yang mampu mengenali beragam tipe kejang masih sangat diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan sistem ini dalam praktik klinis nyata.

SIMPULAN

Ekosistem *Internet of Medical Things* (IoMT) dan perangkat *wearable* telah mengalami transformasi signifikan dalam manajemen epilepsi. Penelitian ini menunjukkan adanya pergeseran paradigma dari pemantauan invasif berbasis rumah sakit menuju pemantauan mandiri yang proaktif dan berkelanjutan. Temuan utama menunjukkan bahwa meskipun sistem berbasis EEG, seperti SEEGformer, menawarkan akurasi deteksi tertinggi (AUROC 0.937), perangkat *wearable non-invasif* yang mengintegrasikan sensor multimodal, seperti *accelerometer* (ACC), *electrodermal activity* (EDA), dan *electrocardiography* (EKG), lebih unggul secara klinis untuk penggunaan harian karena kepraktisan dan kemampuannya menekan angka alarm palsu *(False Alarm Rate*).

Inovasi dalam analisis fase pre-iktal melalui fitur *Heart Rate Variability* (HRV) dan *Cardiac Sympathetic Index* (CSI) menjadi terobosan penting yang memungkinkan peringatan dini sebelum kejang terjadi, sehingga dapat mencegah cedera fisik maupun menurunkan risiko *Sudden Unexpected Death in Epilepsy* (SUDEP). Secara teknis, integrasi kecerdasan buatan *(Machine Learning dan Deep Learning)* serta sistem *closed-loop* dalam jaringan IoMT menjadi fondasi utama dalam meningkatkan efektivitas intervensi medis secara real-time. Namun, efikasi sistem ini masih dibatasi oleh beberapa tantangan, seperti variabilitas fisiologis antarindividu, keterbatasan dataset, dan rendahnya akurasi pada deteksi kejang non-motorik.

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

DAFTAR PUSTAKA

Alzghoul, S. E. M. F., & Alajlouni, S. E. A. Q. (2022). A Scoring Framework And Apparatus For Epilepsy Seizure Detection Using A Wearable Belt. *Journal Of Medical Signals And Sensors, 12(4)*, 326.

Amalia, A. (2026). *Pengantar Biomedical*. Karawang: Afdan Rojabi Publisher.

Beniczky, S., Wiebe, S., Jeppesen, J., Tatum, W. O., Brazdil, M., Wang, Y., & Ryvlin, P. (2021). Automated Seizure Detection Using Wearable Devices: A Clinical Practice Guideline Of The International League Against Epilepsy And The International Federation Of Clinical Neurophysiology. *Epilepsia, 62(3)*, 632-646.

Böttcher, S., Bruno, E., Manyakov, N. V., Epitashvili, N., Claes, K., Glasstetter, M., & Radar-Cns Consortium. (2021). Detecting Tonic-Clonic Seizures In Multimodal Biosignal Data From Wearables: Methodology Design And Validation. *Jmir Mhealth And Uhealth, 9(11)*, E27674.

Darankoum, D., Villalba, M., Allioux, C., Caraballo, B., Dumont, C., Gronlier, E., & Volle, J. (2026). From Epilepsy Seizure Classification To Detection: A Deep Learning-Based Approach For Raw Eeg Signals. *Neuroscience Informatics*, 100263.

Ferreira, J., França, M., Regalo, M. C., Rei, M., Peixoto, R., Aibar, J. Á., & Conde, C. (2026). Artificial Intelligence-Driven Closed-Loop Devices In Sudden Unexpected Death In Epilepsy Prediction And Prevention: Insights From Persons With Epilepsy And Caregivers. *Epilepsia, 67(1),* 175-186.

Habtamu, M., Tolosa, K., Abera, K., Demissie, L., Samuel, S., Temesgen, Y., & Dawud, A. A. (2023). A Novel Wearable Device For Automated Real-Time Detection Of Epileptic Seizures. *Bmc Biomedical Engineering, 5(1)*, 7.

Hassan, S., Mwangi, E., & Kihato, P. K. (2022). Iot Based Monitoring System For Epileptic Patients. *Heliyon, 8*(6).

Iskandar, F., Siregar, M. A., Aritonang, M. A. S., Candra, J. E., & Mardiansyah, Y. (2026). *Integrasi Fisika Dalam Teknologi Dan Sistem Diagnostik Kesehatan Dan Keperawatan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.

Jeppesen, J., Christensen, J., Petersen, O. A., Fenger, S., Larsen, S. A., Wüstenhagen, S., & Beniczky, S. (2025). Seizure Detection Using Wearable Electrocardiogram Connected To A Smartphone: A Phase 3 Clinical Validation Study. *Ebiomedicine*, 120.

Kurniawan, I. (2026). *Teknologi Informasi Bidang Kedokteran Jilid 1*. Lamongan: PT. Ghani Press Group.

Rukasha, T., I Woolley, S., Kyriacou, T., & Collins, T. (2020). Evaluation Of Wearable Electronics For Epilepsy: A Systematic Review. *Electronics, 9(6)*, 968.

Sahid, M. H., Pratama, D. A., Abd Rahman, M., Vardhani, A. K., Kulsum, D. U., Tanaka, J., & Renaldi, T. (2026). *Kesehatan Masyarakat Di Era Digital*. Cv Eureka Media Aksara.

Setyanto, D., & Laksmini, P. (2025). Studi Literatur Penggunaan Internet Of Things (Iot) Dalam Sektor Kesehatan. *Detector: Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan, 3(1),* 26-37.

Simangunsong, P. T., Sihombing, Y., & Ridwan, A. (2026). Tren Terkini Dan Tantangan Dalam Implementasi Iot Untuk Layanan Kesehatan: A Systematic Literature Review. *Dinamik, 31(1)*, 49-64.

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362

Umar, I. U., Andani, I., Mt, I., Eng, A. S. E. A. N., & Risnawaty Alyah, S. T. (2026). *Internet Of Medical Things (Iomt) Untuk Rekayasa Elektromedis (Konsep, Arsitektur, Keamanan, Dan Implementasi Berbasis Mikrokontroler, Sensor, Dan Transduser)*. Cv. Nusantara Press Indonesia.

Wang, C., Hong, J., Liu, S., Jiao, R., Wang, R., Xue, B., & Jin, C. (2026). Seegformer: Personalised Seeg-Based Seizure Detection And Epileptogenic Zone Localisation For Drug-Resistant Epilepsy. *Ebiomedicine, 123.*

Wibowo, I. A., & Kom, M. (2026). *Dampak Kemajuan Teknologi Pada Lingkungan Hidup*. Yayasan Penerbit.

Wulandari, D. P., Kurniawan, A., Nathanael, A., Purnami, S. W., Juniani, A. L., & Islamiyah, W. R. (2023). Epcare: Prototipe Sistem Detektor Pre-Iktal Pasien Epilepsi Berbasis Fitur Csi Dari Sinyal Ekg 1 Kanal Menggunakan Ad8232. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 10(1)*, 67-76.

Yamakawa, T., Miyajima, M., Fujiwara, K., Kano, M., Suzuki, Y., Watanabe, Y., & Maehara, T. (2020). Wearable Epileptic Seizure Prediction System With Machine-Learning-Based Anomaly Detection Of Heart Rate Variability. *Sensors, 20(14)*, 3987.

Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin*, Carissa Aulia Ramadhani Sutopo, Raina Alexandriana Putri Syafrizal, Valizha Natania Putri, Dian Aristia Rachamyanti

Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur
Korespondensi penulis: Alifia Nabilla Salsabilla Zinudin. *Email: alifiasalsabilla6@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i6.3362