

Article

Inovasi Teknologi Wearable dalam Monitoring Glukosa pada Diabetes Mellitus Tipe 2 : Literatur Review

Franning Deisi Badu¹, Sari Suriani², Sri Zeinneke Ibrahim³, Lisa Djafar⁴, Dian Hariani Salamena⁵, Indar⁶

^{1,2,3,4,5}Mahasiswa Program Doktor, Pasca Sarjana Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

⁶Departemen Administrasi Kebijakan Kesehatan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin, Indonesia

SUBMISSION TRACK

Received: November 27, 2024

Final Revision: December 05, 2024

Available Online: December 08, 2024

KEYWORDS

Diabetes Mellitus Type 2, wearable technology, glucose monitoring, Continuous Glucose Monitoring, disease management

CORRESPONDENCE

Email: bfranning@gmail.com

A B S T R A C T

Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is a global health challenge with prevalence continuing to increase. Management of this condition relies heavily on accurate and continuous monitoring of blood glucose levels. Wearable technology has emerged as an innovative solution that offers convenience, comfort, and accuracy in glucose monitoring. This article is a literature review that aims to analyze the role of wearable technology in monitoring glucose in T2DM patients, including its effectiveness, limitations and development prospects. Research shows that wearable devices, such as Continuous Glucose Monitoring (CGM), have the advantage of providing real-time data, increasing patient engagement in self-management, and supporting better clinical decision making. However, several challenges remain, including affordability, accuracy under certain conditions, and user acceptance of this technology. In addition, connectivity with other digital tools, such as smartphone applications and cloud-based platforms, enables more comprehensive data integration to support holistic management. This review concludes that wearable technology has great potential in transforming the management of T2DM, particularly in encouraging data-driven approaches and personalization of care. To maximize its benefits, more research is needed on long-term efficacy, technological improvements, and strategies to increase accessibility.

I. PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2) adalah penyakit kronis yang ditandai oleh hiperglikemia akibat resistensi insulin, gangguan sekresi insulin, atau keduanya. Prevalensi global DMT2 terus meningkat, dengan lebih dari 400 juta kasus pada tahun 2021, dan diperkirakan akan meningkat hingga 700 juta kasus pada tahun 2045 (Webber, 2013). Kondisi ini memerlukan manajemen intensif yang mencakup pemantauan glukosa darah secara teratur untuk mencegah komplikasi akut maupun kronis seperti penyakit kardiovaskular, nefropati, dan neuropati (Bailey et al., 2015).

Pengelolaan DMT2 yang optimal memerlukan teknologi yang dapat memantau glukosa secara kontinu dan akurat. Teknologi wearable, khususnya Continuous Glucose Monitoring (CGM), telah muncul sebagai alat yang memungkinkan pasien untuk memantau kadar glukosa secara real-time tanpa perlu tes invasif yang berulang. CGM menawarkan kemudahan bagi pasien dan memberikan data komprehensif yang membantu pengambilan keputusan klinis (Belete et al., 2021; Care & Suppl, 2021)

Meskipun teknologi wearable menunjukkan banyak manfaat, tantangan seperti keterjangkauan harga, akurasi pada kondisi tertentu (misalnya kadar glukosa ekstrem), dan penerimaan pengguna masih menjadi hambatan utama dalam penerapannya secara luas. Selain itu, terdapat kebutuhan akan integrasi teknologi wearable dengan perangkat digital lainnya, seperti aplikasi smartphone, untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan memperluas manfaatnya bagi pengelolaan holistic (Cui et al., 2020)

Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi peran teknologi wearable dalam monitoring glukosa pada pasien DMT2, dengan mempertimbangkan efektivitasnya dalam mendukung pengelolaan diri dan meningkatkan hasil klinis. Studi ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kemajuan terkini, tantangan, dan

prospek pengembangan teknologi wearable di bidang ini.

Pemantauan glukosa darah secara tradisional dilakukan melalui metode finger-prick yang bersifat invasif, membutuhkan banyak waktu, dan sering kali tidak memberikan data kontinu yang diperlukan untuk keputusan pengelolaan glukosa secara tepat waktu. Keterbatasan ini menyebabkan sebagian besar pasien tidak dapat mencapai target kontrol glikemik yang direkomendasikan oleh American Diabetes Association (ADA) (Delfina et al., 2021). Selain itu, rendahnya kepatuhan pasien terhadap pemantauan rutin juga menjadi hambatan utama dalam keberhasilan pengelolaan DMT2 (Gani et al., 2022).

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi wearable, khususnya perangkat Continuous Glucose Monitoring (CGM), telah menarik perhatian sebagai alternatif yang lebih praktis. CGM dapat memberikan data real-time tentang fluktuasi kadar glukosa, sehingga memungkinkan deteksi dini kondisi hipoglikemia atau hiperglikemia yang tidak terdeteksi oleh metode konvensional. Teknologi ini juga dapat meningkatkan keterlibatan pasien dalam pengelolaan penyakit mereka sendiri, yang merupakan faktor kunci keberhasilan terapi (Heinemann et al., 2020; Herlina & Sitorus, 2018).

Teknologi CGM semakin berkembang dengan integrasi fitur berbasis kecerdasan buatan (AI) dan platform berbasis cloud. Hal ini memungkinkan analisis data yang lebih mendalam, memberikan rekomendasi personalisasi, dan memfasilitasi komunikasi antara pasien dan penyedia layanan kesehatan. Namun, meskipun teknologi ini menjanjikan, masih terdapat tantangan dalam penggunaannya, seperti durasi penggunaan sensor yang terbatas, ketergantungan pada kalibrasi manual, dan kekhawatiran privasi data (Holst, 2020; Hossain et al., 2024). Dari perspektif ekonomi, adopsi teknologi wearable sering kali terbatas pada negara-negara dengan sumber daya

yang lebih tinggi, karena harganya yang mahal. Hal ini memunculkan kesenjangan akses antara pasien di negara maju dan berkembang. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi cara menurunkan biaya produksi dan meningkatkan ketersediaan perangkat ini secara global (Huang et al., 2024).

Selain itu, kebijakan kesehatan dan dukungan dari pihak asuransi juga memainkan peran penting dalam meningkatkan adopsi teknologi wearable untuk monitoring glukosa. Studi menunjukkan bahwa subsidi atau penggantian biaya oleh asuransi dapat secara signifikan meningkatkan adopsi perangkat ini, terutama di kalangan pasien dengan risiko komplikasi tinggi (Indaryati & Pranata, 2019). Dengan perkembangan teknologi yang pesat dan meningkatnya kebutuhan akan solusi yang lebih efektif dalam pengelolaan DMT2, teknologi wearable memiliki potensi besar untuk menjadi standar baru dalam monitoring glukosa. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi bukti terkini terkait teknologi wearable, serta mengidentifikasi tantangan yang harus diatasi untuk implementasi yang lebih luas dan efektif.

Tujuan

1. Mengevaluasi peran teknologi wearable, khususnya Continuous Glucose Monitoring (CGM), dalam pengelolaan Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2).
2. Menganalisis efektivitas dan efisiensi teknologi wearable dalam memantau kadar glukosa secara real-time, termasuk dampaknya pada kepatuhan pasien dan hasil klinis.
3. Mengidentifikasi tantangan dan hambatan utama dalam implementasi teknologi wearable, seperti biaya, aksesibilitas, akurasi, dan privasi data.
4. Mengeksplorasi potensi pengembangan masa depan teknologi wearable, termasuk integrasi dengan kecerdasan buatan (AI) dan platform digital berbasis cloud.

Manfaat

1. Manfaat Ilmiah:

- Memberikan pengetahuan terkini tentang kemajuan teknologi wearable dalam monitoring glukosa pada pasien DMT2.
- Menyediakan referensi ilmiah yang komprehensif bagi peneliti untuk mengembangkan studi lebih lanjut tentang efektivitas dan efisiensi teknologi ini.

2. Manfaat Klinis:

- Membantu tenaga kesehatan memahami cara teknologi wearable dapat diintegrasikan dalam praktik klinis untuk meningkatkan pengelolaan DMT2.
- Memberikan wawasan tentang cara memanfaatkan teknologi wearable untuk meningkatkan keterlibatan pasien dan kepatuhan terhadap pengelolaan glukosa.

3. Manfaat Praktis:

- Meningkatkan pemahaman masyarakat tentang potensi penggunaan teknologi wearable untuk meningkatkan kualitas hidup pasien dengan DMT2.
- Menginspirasi pembuat kebijakan untuk mempertimbangkan aksesibilitas teknologi ini melalui subsidi atau penggantian biaya oleh asuransi.

Kebaruan (Novelty)

1. Pendekatan Multidisiplin:

- Kajian ini mengintegrasikan perspektif dari berbagai disiplin ilmu, seperti teknologi medis, endokrinologi, kecerdasan buatan, dan kebijakan kesehatan, untuk memberikan gambaran holistik tentang teknologi wearable.

2. Fokus pada DMT2:

- Banyak literatur yang fokus pada penggunaan teknologi wearable untuk pasien dengan Diabetes Mellitus Tipe 1, tetapi tinjauan ini memberikan fokus khusus pada DMT2 yang memiliki kebutuhan

berbeda dalam hal pengelolaan glukosa.

3. Analisis Prospektif:

- o Selain mengulas literatur yang ada, studi ini juga menyoroti prospek pengembangan teknologi wearable di masa depan, termasuk kemungkinan penerapan algoritma berbasis AI untuk analisis data dan pengelolaan pasien.

4. Evaluasi Tantangan Global:

- o Tinjauan ini menekankan tantangan implementasi teknologi wearable di negara-negara berkembang, sehingga memberikan kontribusi untuk mengurangi kesenjangan akses terhadap teknologi kesehatan.

II. METODE

1. Strategi Seleksi Literatur

Literatur yang relevan dikumpulkan menggunakan pendekatan sistematis melalui pencarian di basis data elektronik utama, termasuk PubMed, Scopus, Web of Science, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian mencakup:

- *"wearable technology"*
- *"continuous glucose monitoring (CGM)"*
- *"Diabetes Mellitus Type 2"*
- *"glucose monitoring devices"*
- *"digital health for diabetes management"*

Strategi pencarian menggunakan operator Boolean ("AND," "OR") untuk menggabungkan kata kunci, misalnya: *"wearable technology" AND "Diabetes Mellitus Type 2"*. Selain itu, rujukan dari artikel utama juga ditelusuri untuk mengidentifikasi literatur tambahan.

2. Pengumpulan Data

Data diekstraksi dari artikel yang memenuhi kriteria inklusi menggunakan template standar yang mencakup:

- Informasi dasar (judul, penulis, tahun, dan sumber publikasi).
- Metodologi penelitian (desain studi, populasi, intervensi, dan alat yang digunakan).
- Temuan utama terkait efektivitas, efisiensi, dan tantangan teknologi wearable dalam monitoring glukosa pada pasien DMT2.
- Informasi tambahan terkait inovasi teknologi, integrasi digital, atau rekomendasi kebijakan.

3. Kriteria Inklusi

- Artikel asli atau review yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah bereputasi tahun 2024.
- Studi yang membahas penggunaan teknologi wearable, khususnya CGM, dalam pengelolaan glukosa pada pasien Diabetes Mellitus Tipe 2.
- Artikel yang menggunakan bahasa Inggris atau Indonesia.
- Penelitian yang mencakup populasi dewasa (usia ≥ 18 tahun) dengan diagnosis DMT2.
- Artikel yang menyajikan data kuantitatif atau kualitatif terkait efektivitas atau tantangan teknologi wearable.

4. Kriteria Eksklusi

- Artikel yang tidak relevan dengan topik, seperti teknologi wearable untuk kondisi selain DMT2

(misalnya, Diabetes Mellitus Tipe 1).

- Publikasi berupa abstrak konferensi, editorial, komentar, atau opini tanpa data empiris.
- Studi dengan populasi anak-anak atau remaja di bawah usia 18 tahun.
- Artikel yang tidak dapat diakses secara penuh (misalnya, paywall tanpa akses institutional).
- Studi dengan metodologi yang kurang jelas atau memiliki kualitas rendah

berdasarkan penilaian alat Critical Appraisal Skills Programme (CASP).

5. Analisis Data

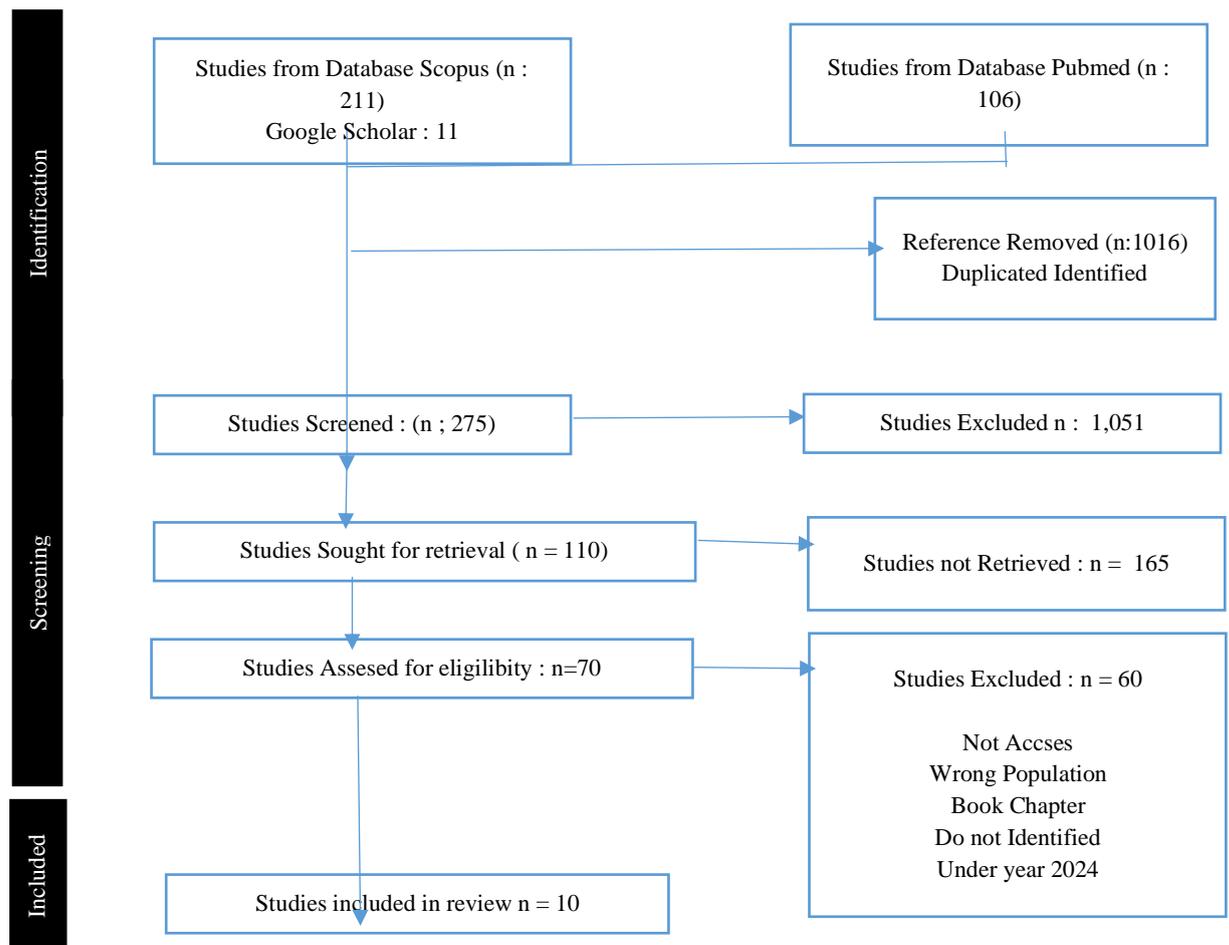
Artikel yang terpilih dianalisis menggunakan pendekatan tematik untuk mengidentifikasi pola utama terkait peran teknologi wearable dalam pengelolaan DMT2. Temuan-temuan dikategorikan ke dalam tema utama, seperti efektivitas klinis, kepatuhan pasien, tantangan teknologi, dan prospek pengembangan di masa depan.

Tabel 1. Population, Intervention, Comparators, and Outcomes (PICO) statement

Population	Intervention	Comparators	Outcomes
Pasien dewasa (usia ≥ 18 tahun) dengan diagnosis Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2) , yang memerlukan pemantauan glukosa darah untuk pengelolaan penyakit.	Penggunaan teknologi wearable, khususnya Continuous Glucose Monitoring (CGM) , untuk monitoring kadar glukosa secara real-time.	<ul style="list-style-type: none"> • Pemantauan glukosa darah menggunakan metode konvensional, seperti finger-prick blood glucose monitoring. • Pasien tanpa penggunaan teknologi wearable untuk pengelolaan glukosa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Efektivitas klinis: Peningkatan kontrol glikemik (misalnya, HbA1c, kadar glukosa rata-rata, frekuensi hipoglikemia atau hiperglikemia). • Kepatuhan pasien: Peningkatan keterlibatan pasien dalam pengelolaan penyakit. • Kenyamanan dan kualitas hidup: Persepsi pasien terhadap kemudahan penggunaan teknologi wearable. • Tantangan implementasi: Hambatan teknis, ekonomi, atau sosial dalam penerapan teknologi wearable.

Tabel **PICO** ini memberikan kerangka yang jelas untuk mengevaluasi literatur yang relevan terkait PICO ini dirancang untuk mengarahkan analisis dalam mengevaluasi peran teknologi wearable dalam pengelolaan DMT2 secara holistic.

Berikut ini adalah Alur PRISMA dalam Tahapan Literature Review :



Gambar 1. PRISMA Chart of literature review

III. HASIL

Ekstraksi data pada literatur review adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi, mengumpulkan, dan menganalisis informasi relevan dari sumber-sumber literatur yang telah dipilih. Tahap ini bertujuan untuk mengorganisasi data secara terstruktur sehingga dapat mendukung pemahaman mendalam terhadap topik yang diteliti. Dalam ekstraksi data, peneliti biasanya memanfaatkan panduan tertentu, seperti formulir ekstraksi atau tabel, untuk mencatat informasi penting seperti tujuan penelitian, metode, hasil, dan temuan utama dari setiap literatur. Berikut akan disajikan ekstraksi data penelitian sebagai berikut:

No	Sumber /Judul	Tujuan penelitian	Desain penelitian	Hasil	Implikasi	Research gap	Outcome(s) Studied
1	G M Mehedi Hossain,, et,al, 2024 Advancements in Glucose Monitoring: A Thin Film ZnO-Nanoflakes Based Highly Sensitive Wearable Biosensor for Noninvasive Sweat-Based Point-of-Care Monitoring for Diabetes	Tujuan dari kemajuan dalam pemantauan glukosa melalui pengembangan biosensor yang dapat dikenakan berbasis film tipis ZNO-nanoflakes adalah untuk menyediakan metode non-invasif, berkelanjutan, dan real-time untuk memantau kadar glukosa pada individu dengan diabetes, termasuk pasien diabetes tipe I dan tipe II, wanita hamil dengan	Analisis statistik menunjukkan nilai p signifikan 0,08 yang berasal dari uji t siswa, mengkonfirmasi keandalan hasil.	Biosensor fleksibel yang dapat dikenakan, menggunakan nanoflakes ZnO, menunjukkan sensitivitas 29,97 $\mu\text{A}/\text{dekade}/\text{cm}^2$ dengan batas deteksi minimum 100 μM untuk glukosa, menunjukkan keefektifannya dalam memantau kadar glukosa dalam sampel keringat.	Pengembangan biosensor yang dapat dikenakan berbasis ZNO-nanoflakes untuk pemantauan glukosa menghadirkan kemajuan signifikan dalam manajemen diabetes, menawarkan alternatif non-invasif dan ramah pasien untuk metode pengambilan sampel darah tradisional. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kadar glukosa dalam keringat secara terus menerus dan real-time, yang dapat meningkatkan kualitas hidup	Makalah ini menyoroti keuntungan menggunakan keringat sebagai matriks non-invasif untuk pemantauan glukosa dibandingkan dengan metode tradisional, tetapi tidak mengatasi potensi tantangan atau keterbatasan dalam penerapan praktis biosensor berbasis keringat dalam populasi yang beragam atau kondisi lingkungan yang bervariasi, yang dapat mempengaruhi keandalan dan akurasi pembacaan glukosa.	Inovasi dalam teknologi wearable untuk pemantauan glukosa pada Diabetes Mellitus Tipe 2 meliputi pengembangan biosensor fleksibel yang memanfaatkan nanoflakes seng oksida (ZnO). Sensor ini menawarkan sensitivitas tinggi, keandalan, dan pemantauan non-invasif melalui analisis keringat. ZnO-NF meningkatkan imobilisasi enzim dan kinerja penginderaan, memungkinkan pelacakan glukosa real-time yang berkelanjutan. Biosensor elektrokimia, dibuat pada substrat yang dapat diregangkan, menunjukkan pengulangan dan reproduktifitas yang sangat baik, menjadikannya alat yang menjanjikan untuk manajemen diabetes

		diabetes, atlet, dan individu berisiko tinggi.			individu dengan diabetes, termasuk pasien tipe I dan tipe II, wanita hamil dengan diabetes, dan atlet.		yang efektif dibandingkan dengan metode pengambilan sampel darah tradisional
2	Tamoghna Saha, et,al, 2024 A Passive Perspiration Inspired Wearable Platform for Continuous Glucose Monitoring	Tujuan dari sistem pemantauan glukosa keringat yang disajikan adalah untuk memberikan pengukuran kadar glukosa darah (BG) yang berkelanjutan dan real-time tanpa perlu stimulasi keringat, mengatasi keterbatasan pengujian strip sensor glukosa darah tradisional dan perangkat berbasis	Metodologi ini melibatkan penggunaan hidrogel yang digerakkan secara osmotik untuk ekstraksi keringat, yang meningkatkan aliran fluks dan mengurangi fluktuasi laju keringat.	Sistem pemantauan glukosa keringat menunjukkan kemampuan untuk beroperasi terus menerus dalam kondisi istirahat tanpa perlu stimulasi keringat, memungkinkan pemantauan dinamika glukosa darah secara real-time. Sistem ini menggunakan hidrogel yang digerakkan secara osmotik dan aksi kapiler dengan	Pengembangan sistem pemantauan glukosa keringat yang beroperasi secara pasif dalam kondisi istirahat menghadirkan kemajuan signifikan dalam manajemen diabetes, memungkinkan pemantauan kadar glukosa darah secara real-time tanpa perlu prosedur invasif atau stimulasi keringat, sehingga meningkatkan kenyamanan dan	Makalah ini membahas keterbatasan metode pemantauan glukosa darah tradisional, yang hanya memberikan pembacaan intermiten, dan menyoroti perlunya solusi pemantauan glukosa berkelanjutan dan non-invasif. Namun, itu tidak mengeksplorasi stabilitas jangka panjang dan keandalan sistem pemantauan glukosa keringat selama periode penggunaan yang lama, yang sangat penting untuk aplikasi praktis	Makalah ini menyajikan sistem pemantauan glukosa keringat baru yang beroperasi secara pasif tanpa stimulasi keringat, memanfaatkan hidrogel yang digerakkan secara osmotik dan mikrofluida kertas untuk ekstraksi dan transportasi keringat. Sistem ini memungkinkan dinamika glukosa darah real-time dan menunjukkan korelasi yang baik dengan pengukuran glukosa darah tradisional. Model kalibrasi yang dipersonalisasi meningkatkan akurasi, menjadikannya inovasi yang menjanjikan dalam teknologi yang dapat

		cairan interstitial		mikrofluida kertas untuk secara efektif mengekstrak dan mengangkut keringat untuk analisis glukosa	kepatuhan pengguna.	dalam kehidupan sehari-hari.	dikenakan untuk pemantauan glukosa terus menerus pada individu dengan Diabetes Mellitus Tipe 2, mengatasi keterbatasan perangkat berbasis cairan tradisional dan interstitial
3	Ranjit De., et.al, 2024 Multifunctional Nanomaterials for Smart Wearable Diabetic Healthcare Devices	Tujuan dari bahan nano multifungsi dalam perangkat perawatan kesehatan diabetes yang dapat dikenakan adalah untuk memfasilitasi pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) real-time melalui metode noninvasif menggunakan biofluida seperti air mata, keringat, air liur, dan cairan interstitial.	Makalah ini membahas penggunaan nanomaterial multifungsi dalam perangkat perawatan kesehatan diabetes yang dapat dikenakan untuk pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) real-time melalui metode noninvasif yang menggunakan biofluida seperti air mata, keringat, air liur, dan cairan interstitial.	Tinjauan ini mengevaluasi kemampuan bahan nano multifungsi dalam perangkat perawatan kesehatan diabetes yang dapat dikenakan, menyoroti potensi mereka untuk pemantauan glukosa selektif waktu nyata dengan sensitivitas luar biasa dibandingkan dengan	Integrasi nanomaterial multifungsi dalam perangkat perawatan kesehatan diabetes yang dapat dikenakan meningkatkan kemampuan pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) real-time, memungkinkan pengelolaan diabetes proaktif melalui metode noninvasif yang memanfaatkan biofluida seperti air mata, keringat, dan air	Tinjauan ini menguraikan manfaat, keterbatasan, dan prospek bahan nano multifungsi dalam perangkat perawatan kesehatan diabetes yang dapat dikenakan, menunjukkan bahwa sementara kemajuan telah dibuat, mungkin masih ada kesenjangan dalam memahami potensi penuh dan optimalisasi bahan-bahan ini untuk meningkatkan penginderaan glukosa dan sistem pengiriman obat.	Inovasi dalam teknologi wearable untuk pemantauan glukosa pada Diabetes Mellitus Tipe 2 berfokus pada pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) real-time menggunakan biofluida seperti air mata dan keringat. Bahan nano multifungsi meningkatkan perangkat ini dengan memungkinkan penginderaan glukosa selektif dengan sensitivitas tinggi, pengiriman obat sesuai permintaan, dan transmisi daya dan data nirkabel yang mulus. Integrasi ini mempromosikan

		keringat, air liur, dan cairan interstitial, memungkinkan manajemen diabetes proaktif untuk pasien		glukometer konvensional dan perangkat CGM.	liur. Kemajuan ini mendukung kepatuhan dan keterlibatan pasien yang lebih baik dalam manajemen kesehatan mereka.		kepatuhan pasien dan manajemen diabetes proaktif, menawarkan keuntungan signifikan dibandingkan glukometer tradisional dan perangkat CGM, sementara juga mengatasi keterbatasan dan prospek masa depan dalam teknologi perawatan kesehatan diabetes
4	Jing-Ying Bai, et, al, 2024 Coin-sized, fully integrated, and minimally invasive continuous glucose monitoring system based on organic electrochemical transistors	Tujuan dari sistem pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) seukuran koin yang diusulkan, terintegrasi penuh, dan dapat dikenakan adalah untuk meningkatkan manajemen diabetes melalui peningkatan kemampuan,	Sistem pemantauan glukosa kontinu (CGM) yang diusulkan menggunakan transistor elektrokimia organik (OECT) sebagai penguat sinyal biokimia, yang meningkatkan rasio signal-to-noise (SNR) di luar sensor elektrokimia tradisional, meningkatkan keandalan pengukuran glukosa.	Sistem pemantauan glukosa kontinu seukuran koin (CGM) yang diusulkan menggunakan transistor elektrokimia organik (OECT) untuk secara signifikan meningkatkan rasio signal-to-noise (SNR) dibandingkan dengan sensor elektrokimia tradisional, yang mengarah	Sistem pemantauan glukosa kontinu (CGM) seukuran koin yang diusulkan dan terintegrasi penuh menggunakan transistor elektrokimia organik (OECT) untuk secara signifikan meningkatkan rasio signal-to-noise (SNR) dibandingkan dengan sensor elektrokimia	tidak secara eksplisit mengidentifikasi kesenjangan penelitian tertentu, tetapi menyiratkan kebutuhan untuk eksplorasi lebih lanjut dalam meningkatkan kemampuan antinoise dan keandalan sistem pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) di luar kemampuan sensor elektrokimia tradisional. Ini menunjukkan bahwa penelitian masa depan dapat fokus	Sistem pemantauan glukosa kontinu seukuran koin (CGM) yang diusulkan menggunakan transistor elektrokimia organik (OECT) untuk meningkatkan rasio signal-to-noise, array microneedle untuk pengambilan sampel glukosa subkutan tanpa rasa sakit, dan hidrogel lunak untuk meningkatkan stabilitas antarmuka perangkat kulit. Inovasi ini mengarah pada kemampuan antinoise yang tinggi, sensitivitas

		keandalan, dan daya pakai, memfasilitasi penginderaan glukosa yang dipersonalisasi untuk perawatan kesehatan yang presisi.		pada peningkatan kemampuan antinoise dan keandalan dalam penginderaan glukosa.	tradisional, yang dapat menyebabkan pembacaan glukosa yang lebih akurat dan manajemen diabetes yang lebih baik bagi pengguna.	pada pengoptimalan teknologi transistor elektrokimia organik (OEET) untuk meningkatkan kinerja dalam berbagai kondisi yang menantang	yang dapat disetel, dan kenyamanan, sehingga cocok untuk penginderaan glukosa yang dipersonalisasi dalam manajemen diabetes tipe 2. Sistem ini merupakan kemajuan signifikan dalam teknologi yang dapat dikenakan untuk pemantauan glukosa terus menerus, mengatasi kebutuhan akan keandalan dan daya pakai
5	Yuhua Chen, et al, 2024 A wearable non-enzymatic sensor for continuous monitoring of glucose in human sweat	Tujuan dari sensor non-enzimatik yang dapat dikenakan adalah untuk memungkinkan pemantauan terus menerus kadar glukosa dalam keringat manusia, sehingga meningkatkan manajemen diabetes yang	Sensor glukosa yang dapat dikenakan disintesis menggunakan metode persiapan hidrotermal dan satu pot, yang melibatkan penggabungan nanopartikel emas (AuNP) yang difungsikan ke nanotube karbon berdinding ganda (AMWCNT) yang diaminasi sebagai katalis yang efisien. Kombinasi ini	Sensor glukosa non-enzimatik yang dapat dikenakan menunjukkan kisaran deteksi linier 50 $\mu\text{mol/L}$ hingga 600 $\mu\text{mol/L}$, dengan batas deteksi 3,2 $\mu\text{mol/L}$, memungkinkan deteksi konsentrasi glukosa menit dalam keringat manusia.	Pengembangan sensor glukosa non-enzimatik yang dapat dikenakan memungkinkan pemantauan kadar glukosa dalam keringat manusia secara terus menerus dan non-invasif, yang secara signifikan dapat meningkatkan manajemen diabetes yang	Studi ini menekankan pentingnya sensor glukosa dengan karakteristik elektrokimia yang unggul dan kemampuan beradaptasi yang tinggi, menunjukkan kesenjangan penelitian di bidang teknologi sensor glukosa yang dapat memberikan pemantauan kadar glukosa darah	sensor elektrokimia non-enzimatik baru yang dapat dipakai untuk pemantauan glukosa terus menerus dalam keringat, mengatasi kebutuhan akan solusi non-invasif dalam manajemen diabetes. Memanfaatkan nanopartikel emas pada nanotube karbon berdinding ganda yang diaminasi, sensor menunjukkan sensitivitas tinggi, rentang deteksi linier 50

		dipersonalisasi melalui metode non-invasif.	kemudian diikat silang dengan karet stirena butadiena karboksilasi (XSBR) dan PEDOT: PSS.		dipersonalisasi dengan menyediakan data real-time tentang fluktuasi glukosa tanpa memerlukan metode	secara real-time yang akurat dan andal melalui analisis elektrokimia non-enzimatik	µmol/L hingga 600 µmol/L, dan stabilitas luar biasa. Desainnya yang fleksibel memungkinkan integrasi ke kulit, memungkinkan pemantauan kadar glukosa secara real-time, yang selaras dengan fluktuasi glukosa darah fisiologis, sehingga meningkatkan perawatan pribadi untuk Diabetes Mellitus Tipe 2
6	Yong Zhu, et al, 2024 Enhancing Wearable based Real-Time Glucose Monitoring via Phasic Image Representation Learning based Deep Learning	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan keakuratan prediksi tingkat glukosa real-time dari data perangkat yang dapat dikenakan dengan memperkenalkan metode pembelajaran mesin baru yang menggunakan plot kekambuhan yang dimodifikasi dalam domain frekuensi untuk meningkatkan akurasi prediksi tingkat glukosa dari data perangkat yang dapat dikenakan. Pendekatan ini mengintegrasikan teknik pemrosesan sinyal canggih untuk mengekstrak fitur	Studi ini memperkenalkan metode pembelajaran mesin baru yang menggunakan plot kekambuhan yang dimodifikasi dalam domain frekuensi untuk meningkatkan akurasi prediksi tingkat glukosa dari data perangkat yang dapat dikenakan. Pendekatan ini mengintegrasikan teknik pemrosesan sinyal canggih untuk mengekstrak fitur	Model menunjukkan akurasi 87,65%, sedikit melampaui akurasi Duke Study sebesar 86,74%. Peningkatan ini di semua metrik yang dievaluasi (RMSE, MAPE, dan akurasi) menandakan efektivitas metode pembelajaran mesin yang diusulkan dalam	Studi ini menyoroti potensi mengintegrasikan teknik pemrosesan sinyal canggih, seperti plot pengulangan yang dimodifikasi, dengan pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi prediksi tingkat glukosa dari perangkat yang dapat	Studi ini menyoroti keterbatasan monitor glukosa yang dapat dikenakan yang ada, terutama ketergantungannya pada kumpulan data kecil untuk pelatihan model, yang dapat menghambat keakuratan prediksi kadar glukosa. Ini menunjukkan kesenjangan dalam ketersediaan data glukosa yang luas dan beragam yang diperlukan untuk mengembangkan	Inovasi dalam teknologi yang dapat dikenakan untuk pemantauan glukosa termasuk integrasi teknik pemrosesan sinyal canggih, seperti plot pengulangan yang dimodifikasi, untuk meningkatkan akurasi prediksi. Studi ini menunjukkan penggunaan gambar RGB yang dihasilkan dari data biometrik (suhu kulit, aktivitas elektrodermal, dan denyut nadi volume darah) dikombinasikan

		plot pengulangan yang dimodifikasi dalam domain frekuensi, memungkinkan analisis yang efektif bahkan dengan kumpulan data terbatas. Pendekatan ini bertujuan untuk mengatasi tantangan signifikan pemantauan glukosa non-invasif, yang sangat penting untuk manajemen diri pra-diabetes.	yang bermakna dari data, memungkinkan prediksi yang lebih baik bahkan dengan kumpulan data terbatas.	prediksi tingkat glukosa menggunakan data perangkat yang dapat dikenakan	dikenakan. Inovasi ini dapat mengarah pada solusi pemantauan glukosa non-invasif yang lebih efektif, yang sangat penting untuk manajemen diri pra-diabetes dan diabetes, yang pada akhirnya mengurangi risiko komplikasi kesehatan terkait.	model prediktif yang kuat.	dengan algoritma pembelajaran mendalam. Kemajuan ini memungkinkan peningkatan deteksi kadar glukosa real-time, mengatasi keterbatasan metode invasif tradisional dan menawarkan solusi non-invasif yang dapat diakses untuk mengelola diabetes mellitus tipe 2
7	Ze-Yi Tang, et, al, 2024 All-Fiber Flexible Electrochemical	Tujuan dari sensor elektrokimia fleksibel semua serat	penggunaan electrospinning untuk menyiapkan serat poliuretan (PU), yang berfungsi sebagai	Sensor elektrokimia serba yang dikembangkan menunjukkan	Pengembangan sensor elektrokimia serba serat mengatasi	ketidaknyamanan dan tekanan yang disebabkan oleh sensor elektrokimia tradisional yang	sensor elektrokimia serba serat yang inovatif untuk pemantauan glukosa yang dapat dikenakan, mengatasi

	Sensor for Wearable Glucose Monitoring	adalah untuk memberikan solusi yang dapat dikenakan untuk pemantauan glukosa, mengatasi ketidaknyamanan dan masalah tekanan yang terkait dengan sensor tradisional yang terbuat dari bahan seperti polyethylene terephthalate (PET) atau polyimide (PI) yang tidak beradaptasi dengan baik dengan jaringan kulit.	substrat elektroda untuk sensor elektrokimia yang dapat dikenakan, meningkatkan kemampuan beradaptasi dan kenyamanan selama pemakaian.	peningkatan peregangan dan sensitivitas superior untuk pemantauan glukosa, mencapai sensitivitas 31,94 μA (lg (mM)), yang menunjukkan keefektifannya dalam mendeteksi kadar glukosa.	ketidaknyamanan yang terkait dengan sensor yang dapat dikenakan tradisional dengan menggunakan serat poliuretan (PU), yang memberikan kemampuan beradaptasi dan peregangan yang sangat baik, sehingga cocok untuk pemakaian yang lama pada area kulit sensitif tanpa menyebabkan tekanan atau ketidaknyamanan selama penyisipan.	dapat dikenakan karena perbedaan modulus dengan jaringan kulit, menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut tentang bahan yang dapat meniru sifat kulit dengan lebih baik untuk meningkatkan kenyamanan selama pemakaian yang lama, terutama pada area kulit sensitif.	tantangan dalam kenyamanan dan kemampuan beradaptasi. Memanfaatkan serat poliuretan electrospun sebagai substrat, sensor ini menampilkan nanofiber emas yang difungsikan dengan glukosa oksidase untuk meningkatkan sensitivitas. Penggabungan hidrogel jaringan ganda memungkinkan adhesi dan transfer zat yang efektif, membuatnya cocok untuk pemakaian yang lama. Desain ini meningkatkan peregangan dan sensitivitas, menawarkan kemajuan yang menjanjikan dalam teknologi yang dapat dikenakan untuk memantau kadar glukosa pada individu dengan Diabetes Mellitus Tipe 2
8	Shinae Kang, 2024	Tujuan dari inovasi	penggunaan monitor glukosa kontinu real-	kemajuan signifikan dalam	Integrasi data kesehatan yang	Inovasi teknologi dalam perawatan	Inovasi terbaru dalam teknologi yang dapat

	<p>Technological Innovations Transforming Diabetes Care in Practice</p>	<p>teknologi dalam perawatan diabetes adalah untuk meningkatkan manajemen dan pemantauan diabetes melalui penggunaan monitor glukosa berkelanjutan real-time, sistem pengiriman insulin otomatis, dan aplikasi manajemen kesehatan, yang memberi pasien informasi yang lebih akurat dan tepat waktu tentang status kesehatan mereka</p>	<p>time dan sistem pengiriman insulin otomatis sebagai metode inovatif untuk meningkatkan perawatan diabetes, memungkinkan pengelolaan kadar glukosa darah yang lebih tepat dan tepat waktu.</p>	<p>perawatan diabetes melalui inovasi teknologi seperti monitor glukosa kontinu real-time, sistem pengiriman insulin otomatis, patch insulin, dan aplikasi manajemen kesehatan yang memanfaatkan jam tangan pintar dan smartphone. Teknologi ini meningkatkan manajemen diabetes dengan menyediakan data real-time dan memfasilitasi keterlibatan pasien yang lebih baik.</p>	<p>dihasilkan pasien dengan catatan kesehatan elektronik rumah sakit diharapkan dapat meningkatkan perawatan diabetes dengan memberikan profesional kesehatan wawasan komprehensif tentang kesehatan pasien, termasuk kadar glukosa darah, diet, olahraga, dan pola tidur, yang mengarah ke keputusan perawatan yang lebih tepat.</p>	<p>diabetes telah merevolusi pengelolaan penyakit melalui pemantauan waktu nyata, pengiriman insulin otomatis, diagnosis yang dipersonalisasi, dan peningkatan integrasi data</p>	<p>dikenakan untuk pemantauan glukosa pada Diabetes Mellitus Tipe 2 termasuk monitor glukosa kontinu real-time dan patch insulin. Perangkat ini memungkinkan pasien untuk melacak kadar glukosa darah mereka secara terus menerus, memfasilitasi manajemen kondisi mereka yang lebih baik. Selain itu, aplikasi manajemen kesehatan pada jam tangan pintar dan smartphone memungkinkan integrasi data kesehatan yang dihasilkan pasien, seperti diet dan olahraga, meningkatkan perawatan diabetes dengan memberikan wawasan komprehensif tentang pola dan kebutuhan kesehatan individu</p>
--	-------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

9	<p>Xinshuo Huang,et,al, 2024 Technological Advances of Wearable Device for Continuous Monitoring of In Vivo Glucose.</p>	<p>Tujuan perangkat pemantauan glukosa kontinu yang dapat dikenakan (CGM) adalah untuk memfasilitasi pengukuran kadar glukosa darah secara kompak dan portabel, memungkinkan pelacakan real-time fluktuasi glukosa darah jangka panjang dan suntikan insulin tepat waktu untuk mengelola diabetes secara efektif.</p>	<p>metode noninvasif menggunakan cairan tubuh dan metode invasif menggunakan elektroda implan untuk teknologi pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM). Metode ini bertujuan untuk memberikan pelacakan akurat kadar glukosa darah dari waktu ke waktu.</p>	<p>Tinjauan ini menyoroti kemajuan dalam teknologi pemantauan glukosa kontinu yang dapat dikenakan (CGM), menekankan pengembangan metode noninvasif menggunakan cairan tubuh dan metode invasif menggunakan elektroda implan, yang meningkatkan kemampuan untuk melacak fluktuasi glukosa darah jangka panjang secara efektif.</p>	<p>Pengembangan perangkat pemantauan glukosa berkelanjutan yang dapat dikenakan (CGM) meningkatkan kemampuan untuk melacak fluktuasi glukosa darah jangka panjang, yang sangat penting untuk manajemen diabetes yang efektif dan pemberian insulin tepat waktu, yang pada akhirnya meningkatkan hasil pasien dan kualitas hidup.</p>	<p>Tinjauan ini membahas tantangan dan peluang dalam pengembangan teknologi pemantauan glukosa berkelanjutan yang dapat dikenakan (CGM), menunjukkan bahwa masih ada masalah yang belum terselesaikan yang perlu ditangani untuk meningkatkan efektivitas dan pengalaman pengguna perangkat ini.</p>	<p>Inovasi dalam teknologi wearable untuk pemantauan glukosa pada Diabetes Mellitus Tipe 2 meliputi pengembangan perangkat pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) yang kompak dan portabel. Perangkat ini menggunakan metode noninvasif, seperti cairan tubuh, dan metode invasif dengan elektroda implan. Susunan Microneedle mewakili kemajuan yang signifikan, memungkinkan tusukan transdermal tanpa rasa sakit, meningkatkan kenyamanan pengguna. Tinjauan ini menyoroti potensi teknologi ini untuk meningkatkan manajemen diabetes melalui pemantauan waktu nyata dan penyesuaian insulin tepat waktu, mengatasi keterbatasan data tradisional</p>
---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10	<p>Nagesh H B,et,al, 2023</p> <p>Intelligent GlucoSense: Innovations in Smart Devices for Personalized Health Monitoring</p>	<p>untuk meninjau dan membahas kemajuan dalam sistem pemantauan kadar glukosa, menyoroti transisi dari metode konvensional, seperti meter glukosa darah lengket, ke teknik non-invasif dan invasif minimal yang menyediakan data glukosa terus menerus, sehingga mengatasi keterbatasan metode tradisional.</p>	<p>metode konvensional untuk pemantauan glukosa, seperti meter glukosa darah lengket jari, yang, meskipun banyak digunakan, memiliki keterbatasan termasuk invasif, ketidaknyamanan, dan ketidakmampuan untuk menangkap data glukosa terus menerus.</p>	<p>evolusi sistem pemantauan kadar glukosa dari metode konvensional, seperti pengukur glukosa darah lengket jari, hingga teknik non-invasif dan invasif minimal canggih, mengatasi keterbatasan seperti invasif dan ketidaknyamanan sambil memungkinkan pengambilan data glukosa terus menerus.</p>	<p>Integrasi sistem pemantauan kadar glukosa dengan aplikasi ponsel cerdas dan perangkat yang dapat dikenakan meningkatkan pengalaman pengguna dengan memungkinkan individu untuk memantau kadar glukosa mereka dari jarak jauh, memberikan kenyamanan dan aksesibilitas yang lebih besar ke data kesehatan. Ini memberdayakan pengguna untuk mengambil langkah-langkah proaktif dalam mengelola diabetes mereka secara efektif.</p>	<p>kemajuan dalam teknik pemantauan glukosa non-invasif dan minimal invasif tetapi tidak membahas potensi tantangan dan keterbatasan yang terkait dengan teknologi baru ini, seperti akurasi, keandalan, dan penerimaan pengguna dalam skenario dunia nyata.</p>	<p>inovasi dalam teknologi yang dapat dikenakan untuk pemantauan glukosa, terutama untuk individu dengan Diabetes Mellitus Tipe 2. Ini menyoroti pengembangan teknik non-invasif dan minimal invasif yang meningkatkan pengalaman pengguna dan menyediakan data glukosa berkelanjutan. Integrasi sistem pemantauan glukosa dengan aplikasi Blynk memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui smartphone dan perangkat yang dapat dikenakan, yang mungkin termasuk sensor glukosa dan detak jantung bersama dengan layar OLED, memberdayakan pengguna untuk mengelola kondisi mereka dengan lebih efektif</p>
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

IV. PEMBAHASAN

Inovasi dalam teknologi yang dapat dikenakan untuk pemantauan glukosa pada Diabetes Mellitus Tipe 2 telah berkembang secara signifikan, menawarkan solusi pemantauan non-invasif, berkelanjutan, dan real-time. Inovasi ini memanfaatkan berbagai teknologi, termasuk bahan nano, biosensor, dan pembelajaran mesin, untuk meningkatkan akurasi, kenyamanan, dan kegunaan perangkat pemantauan glukosa. Integrasi teknologi ini ke dalam perangkat yang dapat dikenakan mengubah manajemen diabetes dengan menyediakan opsi perawatan yang lebih personal dan proaktif. Di bawah ini adalah inovasi utama di bidang ini:

Pemantauan Glukosa Berbasis Keringat

Biosensor ZNO-nanoflakes. Sensor ini menggunakan serpihan nano seng oksida untuk pemantauan glukosa non-invasif melalui keringat. Mereka menawarkan sensitivitas dan keandalan yang tinggi, dengan batas deteksi 100 μM , dan divalidasi untuk digunakan dalam sampel keringat manusia, menunjukkan hasil yang konsisten dengan metode konvensional (Hossain et al., 2024).

Platform Keringat Pasif. Sistem ini menggunakan hidrogel yang digerakkan secara osmotik dan mikrofluida kertas untuk mengekstrak dan memantau glukosa dari keringat tanpa stimulasi keringat aktif. Mereka memberikan dinamika glukosa darah real-time dengan korelasi yang baik dengan pengukuran tradisional (Saha et al., 2024).

Sensor Non-Enzimatis dan Fleksibel

Sensor Non-Enzimatis: Memanfaatkan nanopartikel emas dan nanotube karbon, sensor ini

menawarkan metode non-invasif untuk pemantauan glukosa terus menerus dalam keringat. Mereka mempertahankan fungsionalitas setelah penggunaan ekstensif dan memberikan hasil yang stabil dan berulang (Chung et al., 2020).

Sensor Elektrokimia Semua Serat: Sensor ini menggunakan serat poliuretan electrospun untuk meningkatkan kemampuan beradaptasi dan kenyamanan. Mereka dirancang untuk meminimalkan ketidaknyamanan dan memberikan sensitivitas dan peregangan tinggi untuk pemantauan glukosa (Tang et al., 2024).

Pemrosesan Sinyal Lanjutan dan Pembelajaran Mesin

Peningkatan Pembelajaran Menahan: Teknik pembelajaran mesin, seperti pembelajaran representasi gambar fasik, meningkatkan akurasi prediksi tingkat glukosa dari data perangkat yang dapat dikenakan, bahkan dengan kumpulan data terbatas. Pendekatan ini melampaui tolok ukur akurasi yang ada, meningkatkan kemampuan pemantauan glukosa real-time (Zhu et al., 2024).

Integrasi dengan IoMT dan Perangkat Cerdas

Sensor berkemampuan IoMT: Integrasi teknologi Internet of Medical Things (IoMT) dengan sensor yang dapat dikenakan memfasilitasi pemantauan glukosa yang mulus dan akurat. Pendekatan ini memungkinkan transmisi data real-time dan manajemen diabetes yang dipersonalisasi (Adeniyi et al., 2021; Ashfaq et al., 2022; Gobinath et al., 2024; Rodríguez-Rodríguez et al., 2024; Suresh et al., 2021).

Integrasi Perangkat Cerdas: Perangkat yang dapat dikenakan semakin terintegrasi dengan aplikasi ponsel cerdas, memungkinkan

pemantauan jarak jauh dan aksesibilitas data. Integrasi ini meningkatkan pengalaman pengguna dan memberdayakan individu untuk mengelola diabetes mereka dengan lebih efektif (Bai et al., 2024).

Sementara inovasi ini menawarkan kemajuan yang menjanjikan dalam pemantauan glukosa, tantangan tetap ada dalam hal memastikan adopsi yang luas dan mengatasi potensi keterbatasan. Misalnya, kenyamanan dan daya pakai jangka panjang dari beberapa perangkat, terutama yang menggunakan microneedles, dapat menjadi perhatian karena iritasi kulit atau ketidaknyamanan (Bai et al., 2024). Selain itu, biaya dan kompleksitas pembuatan sensor canggih dapat membatasi aksesibilitasnya ke populasi yang lebih luas. Meskipun demikian, pengembangan berkelanjutan dari teknologi ini terus mendorong batas-batas manajemen diabetes, menawarkan harapan untuk solusi perawatan yang lebih efektif dan personal. Rincian spesifik tentang metode pengumpulan data yang direkomendasikan dalam konteks yang disediakan. Namun, berdasarkan pengetahuan umum di bidang teknologi pemantauan glukosa, metode berikut biasanya direkomendasikan:

Sistem Pemantauan Glukosa Berkelanjutan (CGM): Sistem ini mengumpulkan data glukosa secara terus menerus, memberikan wawasan real-time tentang kadar glukosa. Mereka sering digunakan dalam pengaturan klinis dan untuk manajemen kesehatan pribadi.

Sensor yang Dapat Dipakan: Memanfaatkan perangkat yang dapat dikenakan yang dapat secara non-invasif atau minimal invasif mengumpulkan data glukosa dari cairan interstitial, keringat, atau cairan tubuh

lainnya. Perangkat ini dirancang untuk kemudahan penggunaan dan kenyamanan, memungkinkan pengumpulan data jangka panjang.

Pencatatan Data dan Aplikasi

Seluler: Banyak sistem pemantauan glukosa modern terintegrasi dengan aplikasi seluler yang mencatat data dari waktu ke waktu. Hal ini memungkinkan pelacakan dan analisis tren glukosa yang mudah.

Uji dan Studi Klinis: Melakukan uji klinis terstruktur untuk mengumpulkan data komprehensif tentang kadar glukosa dalam berbagai kondisi. Metode ini sangat penting untuk memvalidasi teknologi dan metode baru.

Umpan Balik Pengguna dan Survey:

Mengumpulkan data kualitatif dari pengguna mengenai pengalaman mereka dengan perangkat pemantauan glukosa. Umpan balik ini dapat memberikan wawasan tentang kegunaan perangkat dan area untuk perbaikan.

Metode ini umumnya direkomendasikan untuk memastikan pengumpulan data yang komprehensif dan akurat, yang penting untuk mengembangkan solusi pemantauan glukosa yang efektif. Jika makalah tersebut memiliki rekomendasi khusus, mereka akan dikutip dari konteks yang disediakan.

Survei Literatur

Teknologi Pemantauan Glukosa

yang Dapat Dipakan: kemajuan dalam teknologi pemantauan glukosa yang dapat dikenakan, dengan fokus pada metode non-invasif dan invasif minimal. Teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan menyediakan data glukosa berkelanjutan, yang sangat penting untuk mengelola diabetes secara efektif.

Sensor Elektrokimia: Survei literatur kemungkinan mencakup

pengembangan sensor elektrokimia, yang merupakan bagian integral dari banyak sistem pemantauan glukosa. Sensor ini telah berevolusi menjadi lebih fleksibel dan sensitif, mengatasi keterbatasan bahan tradisional seperti polietilen tereftalat (PET) dan poliimida (PI).

Inovasi dalam Bahan Sensor: Penggunaan bahan canggih, seperti serat poliuretan (PU) dan nanofiber emas, disorot. Bahan-bahan ini meningkatkan kemampuan beradaptasi dan sensitivitas sensor, membuatnya lebih cocok untuk aplikasi yang dapat dikenakan.

Transistor Elektrokimia Organik (OECTs): kemungkinan meninjau peran OECT dalam meningkatkan rasio signal-to-noise (SNR) dalam sistem pemantauan glukosa. Inovasi ini sangat penting untuk meningkatkan akurasi dan keandalan pembacaan glukosa.

Tantangan dalam Ketersediaan Data: Tantangan signifikan yang diidentifikasi dalam literatur adalah kurangnya data glukosa yang beragam dan ekstensif, yang diperlukan untuk mengembangkan model prediktif yang kuat. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengumpulkan dan memanfaatkan kumpulan data yang komprehensif.

Pembelajaran Mesin dan Pemrosesan Sinyal: Integrasi teknik pemrosesan sinyal canggih dan algoritma pembelajaran mesin dibahas sebagai sarana untuk meningkatkan keakuratan sistem pemantauan glukosa. Teknologi ini dapat membantu mengatasi keterbatasan kumpulan data kecil dan meningkatkan kemampuan prediktif.

Metode Pemantauan Non-Invasif: Survei literatur kemungkinan mencakup tinjauan metode non-invasif menggunakan cairan tubuh seperti keringat, yang menawarkan alternatif yang tidak terlalu mengganggu daripada pengujian glukosa darah

tradisional. Metode-metode ini mendapatkan perhatian karena potensinya untuk menyediakan pemantauan berkelanjutan secara real-time.

V. KESIMPULAN

Secara umum, hasil penelitian dapat menginformasikan arah masa depan dengan mengidentifikasi intervensi yang berhasil, menyoroti strategi yang efektif, atau menyarankan area di mana bukti lebih lanjut diperlukan. berdasarkan pengetahuan umum di bidang teknologi pemantauan glukosa, metode berikut biasanya direkomendasikan:

Sistem Pemantauan Glukosa Berkelanjutan (CGM): Sistem ini mengumpulkan data glukosa secara terus menerus, memberikan wawasan real-time tentang kadar glukosa. Mereka sering digunakan dalam pengaturan klinis dan untuk manajemen kesehatan pribadi.

Sensor yang Dapat Dipakan: Memanfaatkan perangkat yang dapat dikenakan yang dapat secara non-invasif atau minimal invasif mengumpulkan data glukosa dari cairan interstitial, keringat, atau cairan tubuh lainnya. Perangkat ini dirancang untuk kemudahan penggunaan dan kenyamanan, memungkinkan pengumpulan data jangka panjang.

Pencatatan Data dan Aplikasi Seluler: Banyak sistem pemantauan glukosa modern terintegrasi dengan aplikasi seluler yang mencatat data dari waktu ke waktu. Hal ini memungkinkan pelacakan dan analisis tren glukosa yang mudah.

Uji dan Studi Klinis: Melakukan uji klinis terstruktur untuk mengumpulkan data komprehensif tentang kadar

glukosa dalam berbagai kondisi. Metode ini sangat penting untuk memvalidasi teknologi dan metode baru.

Umpun Balik Pengguna dan Survey:

Mengumpulkan data kualitatif dari pengguna mengenai pengalaman mereka dengan perangkat pemantauan glukosa. Umpun balik ini dapat memberikan wawasan tentang kegunaan perangkat dan area untuk perbaikan.

Metode ini umumnya direkomendasikan untuk memastikan pengumpulan data yang komprehensif dan akurat, yang penting untuk mengembangkan solusi pemantauan glukosa yang efektif.

REFERENSI

1. Ramchandani, N., et al. "Economic Analysis of Continuous Glucose Monitoring for Adults with Type 2 Diabetes." *Diabetes Technology & Therapeutics*, 2020.
2. Ranjit, De., Inhoo, Choi., S., R., Hahn. (2024). Multifunctional Nanomaterials for Smart Wearable Diabetic Healthcare Devices. *Biomaterials*, doi: 10.1016/j.biomaterials.2024.122630
3. Shah, V. N., et al. "Wearable Technology and Digital Health in Diabetes Management." *Endocrinology and Metabolism Clinics*, 2020
4. Shinae, Kang. (2024). Technological Innovations Transforming Diabetes Care in Practice. *The Journal of Korean Diabetes*, 25(2):57-61. doi: 10.4093/jkd.2024.25.2.57
5. Tamoghna, Saha., Muhammad, Inam, Khan., Samar, S., Sandhu., Lu, Yin., Sara, Earney., Chenyang, Zhang., Omeed, Djassemi., Zongnan, Wang., Jintong, Han., Abdulhameed, Abdal., S., K., Srivatsa., Shichao, Ding., Joseph, Wang. (2024). A Passive Perspiration Inspired Wearable Platform for Continuous Glucose Monitoring. *Advanced Science*, doi: 10.1002/advs.202405518
6. Wong, J. C., et al. "Continuous Glucose Monitoring: A Review of Its Efficacy, Challenges, and Applications." *Journal of Diabetes Science and Technology*, 2020.
7. Yuhua, Chen., Yanghan, Sun., Yi, Li., Zhuo, Wen., Xue, Peng., Yuanke, He., Yuanfang, Hou., Jingchuan, Fan., Guangchao, Zang., Guangchao, Zang. (2024). A wearable non-enzymatic sensor for continuous monitoring of glucose in human sweat. *Talanta*, 126499-126499. doi: 10.1016/j.talanta.2024.126499
8. Yong, Zhu., Nadia, B, Aimandi., Mohammad, Arif, Ul, Alam. (2024). Enhancing Wearable based Real-Time Glucose Monitoring via Phasic Image Representation Learning based Deep Learning. doi: 10.48550/arxiv.2406.16926
9. Ze-Yi, Tang., Jin-Ming, Jian., Mingxin, Guo., Shangjian, Liu., Shourui, Ji., Yilong, Li., Houfang, Liu., Tianqi, Shao., Jian, Gao., He, Tian., Houfang, Liu. (2024). All-Fiber Flexible Electrochemical Sensor for Wearable Glucose Monitoring. *Sensors*, 24(14):4580-4580. doi: 10.3390/s24144580