

BAB II

Manajemen Kontrol Gula Darah Pasien Diabetes Melitus Tipe 2

Hasniati, S.Kep.,Ns.,M.Kep.

A. Latar Belakang Diabetes Tipe 2 dan Pentingnya Pengelolaan Gula Darah

Diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) adalah penyakit kronis yang prevalensinya terus meningkat secara global, termasuk di Indonesia. Jumlah penderita DM di Indonesia dapat mencapai 28,57 juta pada tahun 2045. Jumlah ini lebih besar 47% dibandingkan dengan jumlah 19,47 juta pada 2021. Indonesia berada di posisi ke 5 di dunia dengan jumlah pengidap diabetes sebanyak 19,47 juta (International Diabetes Federation, 2021). Menurut edisi ke-11 dari IDF Diabetes Atlas, sekitar 11,1 % atau 1 dari 9 orang dewasa usia 20-79 tahun hidup dengan diabetes pada 2024-2025—dan sebagian besar besar dari kasus tersebut adalah tipe 2 (International Diabetes Federation, 2024).

Salah satu aspek yang paling penting dalam pengelolaan diabetes tipe 2 adalah kontrol gula darah yang baik (Davies et al., 2022b; Khunti et al., 2025). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pengelolaan gula darah yang efektif dapat mencegah atau memperlambat komplikasi yang terkait dengan diabetes, seperti penyakit jantung, gagal ginjal, dan neuropati (Davies et al., 2022b; Gnudi, 2023; Heo et al., 2023; Khunti et al., 2025; Kunutsor et al., 2024). Namun, pengelolaan ini memerlukan pendekatan multidisipliner yang melibatkan perubahan gaya hidup, pengobatan, serta pemantauan secara rutin (Ahmed et al., 2024; Cangelosi et al., 2024; H. Wang et al., 2025)

Pengelolaan gula darah pada pasien dengan Diabetes Mellitus Tipe 2 (DM Tipe 2) merupakan elemen sentral dalam pengendalian penyakit ini dan pencegahan komplikasi jangka menengah maupun Panjang (Davies et al., 2022b; Galindo et al., 2023). DM Tipe 2 ditandai oleh resistensi insulin dan/atau penurunan sekresi insulin, sehingga menyebabkan hiperglikemia kronis yang jika tidak dikontrol dapat menyebabkan kerusakan mikro dan

makrovaskular (bahkan gagal ginjal, penyakit jantung, neuropati) (Jung et al., 2024; Lu et al., 2024; Młynarska et al., 2025).

Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan pengendalian gula darah telah mengalami perubahan: bukan hanya terpaku pada terapi farmakologis saja, tetapi juga pada pengaturan gaya hidup (Ambesange et al., 2024a), pemantauan mandiri (Xiao et al., 2025), teknologi digital (Gardner et al., 2025; Hsia et al., 2022; Kerr et al., 2024a, 2024b; Markowitz et al., 2024), dan individualisasi target glikemik.

Tujuan chapter ini adalah menguraikan bukti-terbaru mengenai manajemen kontrol gula darah pada DM Tipe 2, praktik terbaik yang dapat diterapkan di konteks klinik dan kesehatan masyarakat (termasuk di Indonesia), implikasi bagi pendidikan, penelitian dan kebijakan, tantangan yang dihadapi, serta strategi-strategi yang telah terbukti efektif dalam pengelolaannya, serta kesimpulan bagi pengembangan ke depan.

B. Bukti Terbaru (Evidence) Mengenai Manajemen Kontrol Gula Darah Pada DM Tipe 2

1. Target Glikemik

- a. Pedoman dari American Diabetes Association (ADA) dan European Association for the Study of Diabetes (EASD) 2022 menegaskan bahwa target glikemik harus diindividualisasi, dengan HbA1c umumnya di bawah 7 % untuk banyak pasien DM Tipe 2, tetapi mempertimbangkan usia, harapan hidup, komorbiditas dan risiko hipoglikemia (Davies et al., 2022b). Meskipun target umum HbA1c <7 % adalah acuan, personalisasi diperlukan sesuai karakteristik individu (Colagiuri & Ceriello, 2025). International Diabetes Federation menyarankan target HbA1c umum sekitar 7,0 % (53 mmol/mol) dengan kebutuhan untuk mempersonalisasi target misalnya menaikkan target pada usia lanjut atau menurunkannya bila pasien baru terdiagnosis dan tidak menggunakan insulin (International Diabetes Federation, 2024).
- b. Algoritma manajemen komprehensif yang diterbitkan 2023 menyarankan bahwa selain target HbA1c, perhatian juga harus pada glukosa puasa (FPG) dan glukosa 2 jam pasca-makan (PPG) sebagai parameter yang mempengaruhi kontrol gula darah (Samson et al., 2023).
- c. Panduan global dari International Diabetes Federation (IDF) 2025 menyatakan bahwa kontrol gula darah bukan sekadar menurunkan angka HbA1c, melainkan mencegah variabilitas glukosa dan hipoglikemia sebagai aspek penting dari manajemen DM Tipe 2 (International Diabetic Federation, 2025).

2. Strategi Terapi Gaya Hidup dan Teknologi

Pendekatan modern pengelolaan DM Tipe 2 semakin menekankan bahwa selain terapi farmakologis, intervensi gaya hidup dan teknologi digital memainkan peranan penting. Strategi tersebut terdiri dari:

- a. Pengaturan gaya hidup: termasuk diet (misalnya konsumsi karbohidrat terkendali, glikemik indeks rendah), aktivitas fisik teratur, manajemen berat badan, dan perubahan perilaku jangka panjang.
- b. Pemanfaatan teknologi digital dan pemantauan mandiri: seperti aplikasi pengelolaan diabetes, perangkat IoT untuk pemantauan glukosa atau aktivitas fisik, telehealth/telemonitoring, serta pemberian umpan balik secara real-time.
- c. Integrasi gaya hidup dan teknologi sebagai satu kesatuan dalam program manajemen pasien: gaya hidup dijalankan dengan panduan dan pemantauan melalui teknologi, serta disesuaikan secara personal dengan kondisi tiap pasien (individualisasi) untuk meningkatkan kepatuhan dan efektivitas.

Beberapa riset terbaru menunjukkan bahwa intervensi gaya hidup (diet, aktivitas fisik, pengaturan berat badan) bila digabungkan dengan pendekatan digital (aplikasi, telehealth, pemantauan jarak jauh) memberikan penurunan HbA1c yang signifikan. studi (Ambesange et al., 2024b) meneliti 30 pasien DM Tipe 2 yang mengikuti program digital terpadu selama 90 hari. Hasil: rata-rata penurunan HbA1c dari $8,43\% \pm 1,32$ menjadi $7,44\% \pm 0,64$ (penurunan $\sim 11,79\%$) setelah intervensi. Meta-analisis 2025 menunjukkan bahwa teknologi digital untuk manajemen DM Tipe 2 (mobile apps, telemedicine) secara signifikan menurunkan HbA1c dan glukosa puasa dibandingkan perawatan standar (Abdul Latif el Ejel et al., 2025). Riset mengenai aplikasi digital gaya hidup menunjukkan bahwa setelah 3 bulan, rata-rata penurunan HbA1c adalah $-0,9\%$ (dari $\sim 7,9\%$ baseline) pada kelompok pengguna aplikasi dibanding periode kontrol (Bretschneider et al., 2022). Studi lain menggunakan aplikasi + pemantauan glukosa kontinu pada individu dengan risiko tinggi atau DM Tipe 2 menunjukkan bahwa penggunaan teknologi secara aktif berkorelasi dengan perbaikan kontrol gula darah dan berat badan (Kitazawa et al., 2024). Selain itu, Ulasan 2025 juga menunjukkan bahwa keterlibatan pasien, literasi digital, dan penyesuaian intervensi secara personal adalah faktor kunci keberhasilan (Maida et al., 2025).

Dari bukti-ini dapat disimpulkan bahwa Tidak hanya terapi obat yang menentukan hasil kontrol gula darah—intervensi gaya hidup yang sistematis memberikan kontribusi nyata. Teknologi digital memperkuat efektivitas intervensi gaya hidup, melalui pemantauan, umpan balik real-time, dan keterlibatan pasien yang lebih besar. Program yang dipersonalisasi (sesuai kondisi individu: usia, status kesehatan, gaya hidup) cenderung menunjukkan hasil lebih baik.

3. Strategi Farmakologis

a. **Konsensus 2022** menegaskan bahwa terapi obat harus disesuaikan dengan profil pasien dan bahwa intensifikasi terapi bila target glikemik tidak tercapai dalam jangka waktu yang wajar . Hal ini mencakup usia, komorbiditas, preferensi pasien, serta faktor risiko lainnya, seperti kemungkinan terjadinya hipoglikemia atau efek samping obat. pengobatan awal pada pasien DM Tipe 2 dimulai dengan metformin, yang disarankan untuk hampir semua pasien karena kemampuannya menurunkan HbA_{1c} dan memiliki efek samping minimal. Namun, apabila target glikemik yang diinginkan tidak tercapai dalam jangka waktu yang wajar (misalnya, dalam 3–6 bulan), maka terapi obat harus diintensifkan. Pendekatan ini penting untuk mencegah komplikasi jangka panjang, seperti penyakit jantung, gangguan ginjal, dan neuropati yang sering terjadi pada pasien DM Tipe 2 (Davies et al., 2022a). Intensifikasi terapi dapat dilakukan dengan menambahkan obat-obatan lain seperti:

- 1) SGLT-2 inhibitor (contoh: empagliflozin, dapagliflozin) yang bekerja dengan cara mengurangi glukosa darah melalui ginjal.
- 2) GLP-1 receptor agonists (contoh: liraglutide, semaglutide) yang tidak hanya menurunkan kadar gula darah tetapi juga memiliki efek tambahan berupa penurunan berat badan dan perlindungan kardiovaskular.
- 3) Insulin (baik basal maupun bolus) bagi pasien dengan resistensi insulin yang tinggi atau yang tidak dapat mengontrol gula darah dengan obat oral.

Penting untuk diingat bahwa penyesuaian dosis dan jenis obat sangat tergantung pada faktor seperti usia pasien, tingkat keparahan DM, serta adanya komorbiditas, seperti penyakit jantung atau gagal ginjal. Konsensus ini juga

menekankan bahwa pendekatan individualisasi adalah kunci dalam pengelolaan DM Tipe 2.

- b. Pedoman terbaru (2024-2025) menambahkan peranan teknologi pemantauan glukosa kontinu (CGM) dan integrasi dengan manajemen obat untuk meningkatkan kontrol glikemik (Kong & Cho, 2024). Pemantauan glukosa secara kontinu tidak hanya bermanfaat bagi pasien yang menggunakan insulin, tetapi juga pada pasien DM Tipe 2 yang tidak bergantung pada insulin. Teknologi ini membantu pasien dan dokter untuk lebih memahami pola fluktuasi gula darah pasien dan membuat keputusan terapi yang lebih informasional (ElSayed et al., 2025). Beberapa manfaat penggunaan CGM antara lain:

- 1) Meningkatkan kepatuhan pasien: Karena pemantauan gula darah secara real-time memberi pasien umpan balik langsung, mereka dapat lebih memahami dampak dari pilihan gaya hidup dan pengobatan mereka terhadap kadar gula darah.
- 2) Peningkatan kontrol glikemik: Dengan pemantauan yang lebih akurat, pasien dapat menghindari hipoglikemia atau hiperglikemia yang tidak terdeteksi, sehingga meningkatkan kontrol HbA_{1c} secara keseluruhan.
- 3) Penyusunan rencana pengobatan yang lebih baik: Menggunakan data dari CGM, dokter dapat menyesuaikan dosis obat, baik itu insulin atau obat oral, untuk mengoptimalkan pengelolaan glikemik.

Integrasi CGM dengan sistem manajemen obat menjadi lebih efisien karena memungkinkan keputusan yang lebih cepat dan tepat terkait dengan penyesuaian dosis, dengan mengurangi ketidakpastian dalam pengelolaan glikemik (ElSayed et al., 2024).

Berikut adalah tabel yang merangkum 17 penelitian utama terkait dengan manajemen kontrol gula darah pada DM Tipe 2, lengkap dengan hasil dan implikasinya.

No	Studi & Tahun	Metodologi Singkat	Hasil Utama (HbA _{1c} , durasi, dsb)	Catatan Penting
1	(Ambesange et al., 2024a)	N = 30 pasien DMT2 mengikuti program digital personalisasi selama 90 hari (diet, aktivitas fisik, CBT, IoT).	HbA _{1c} menurun ~ 11.79 % dari 8.43 % → 7.44 %.	Sampel kecil, durasi singkat, tanpa grup kontrol – namun menunjukkan hasil signifikan.
2	(Bancks et al., 2024)	Studi kohort besar yang mengevaluasi intervensi gaya hidup pada pasien DMT2 dengan HbA _{1c} tinggi.	Menunjukkan bahwa intervensi gaya hidup secara signifikan menurunkan HbA _{1c} dan risiko kardiovaskular.	intervensi gaya hidup secara signifikan menurunkan HbA _{1c} dan risiko kardiovaskular. Fokus utama gaya hidup; teknologi digital kurang eksplisit.
3	(Rindarwati et al., 2025)	Intervensi m-health pada pasien DMT2 di Indonesia.	Intervensi secara signifikan meningkatkan kontrol glikemik dan self-care konsisten.	Konteks Asia Tenggara—relevan untuk konteks Indonesia.
4	(Mira-Martínez et al., 2025)	Studi intervensi digital pada prediabetes yang juga relevan untuk strategi pencegahan DMT2.	Menunjukkan keberhasilan intervensi digital dalam lifestyle/prevention context.	Meski bukan langsung pada DMT2, memberikan bukti bahwa teknologi digital efektif.
5	(Y. Wang et al., 2025)	Analisis 31 RCT, membandingkan intervensi tatap muka, digital, dan hybrid pada prediabetes/DMT2.	Intervensi tatap muka dan hybrid menunjukkan pengurangan risiko, intervensi digital tunggal kurang kuat.	Menunjukkan bahwa kombinasi gaya hidup + digital lebih optimal.
6	(Maida et al., 2025).	Ulasan multikomponen lifestyle + digital pada DMT2.	Mendukung integrasi gaya hidup + teknologi untuk perbaikan glikemik.	Memberi kerangka konseptual untuk bagian strategi Anda.
7	(Febriani et al., 2025)	Review pendidikan self-management (lifestyle) pada pasien DMT2 Asia Tenggara.	Intervensi gaya hidup melalui edukasi menurunkan HbA _{1c} ~ 1,1 % dalam 3 bulan.	Intervensi gaya hidup melalui edukasi menurunkan HbA _{1c} ~ 1,1 % dalam 3 bulan.

8	(Abbas, 2025)	Aplikasi dan algoritma rekomendasi berbasis HP pada DMT2.	Peningkatan aktivitas fisik dan pengendalian gula darah terlihat dalam pilot 10 peserta.	Bukti awal; lebih banyak penelitian diperlukan.
9	(Hasib et al., 2025)	Intervensi AI dan telemonitoring pada pasien DMT2 (n=20).	Perbaikan tren aktivitas fisik dan kontrol diet/glukosa terpantau; HbA _{1c} belum dilaporkan secara besar.	Menunjukkan arah teknologi masa depan dalam manajemen DMT2.
10	(Davies et al., 2022b)	Konsensus internasional ADA dan EASD	Penurunan HbA _{1c} lebih agresif mengurangi risiko komplikasi mikro seperti retinopati dan neuropati.	Fokus pada pengendalian glikemik yang lebih intensif dengan pengaturan target individual.
11	(Kerr et al., 2024a)	Ulasan sistematis dan meta-analisis intervensi digital	Teknologi digital (aplikasi, pemantauan) meningkatkan kontrol glikemik pada DM Tipe 2.	Implementasi teknologi digital dalam pemantauan dan edukasi pasien meningkatkan kepatuhan dan kontrol glukosa.
12	(Gardner et al., 2025)	Studi epidemiologi dan uji coba randomisasi	Penggunaan aplikasi dan alat digital dapat mengurangi HbA _{1c} dan meningkatkan kesadaran pasien tentang perawatan mereka.	Integrasi teknologi dalam praktik klinis dapat meningkatkan hasil pengelolaan diabetes.
13	(Xiao et al., 2025)	RCT (Randomized Controlled Trial) pemantauan glukosa kontinu (CGM)	Pemantauan dengan CGM mengurangi waktu hiperglikemik dan meningkatkan kontrol gula darah secara keseluruhan.	Penggunaan CGM pada DM Tipe 2 memperlihatkan hasil signifikan dalam memperbaiki kontrol glikemik.
14	(Młynarska et al., 2025)	Ulasan molekuler dan penelitian dasar	Pemahaman baru terkait patogenesis DM Tipe 2 menegaskan pentingnya terapi yang disesuaikan.	Individualisasi terapi sesuai patogenesis penting untuk kontrol jangka panjang.
15	(Colagiuri & Ceriello, 2025)	Meta-analisis dan studi longitudinal	Kontrol glukosa yang lebih ketat mengurangi insiden komplikasi jantung dan ginjal.	Terapi intensif menurunkan risiko komplikasi makrovaskular pada pasien DM Tipe 2.
16	(Heo et al., 2023)	Studi kohort pasien DM Tipe 2 dengan	Kadar HbA _{1c} yang tinggi memperburuk kondisi ginjal dan	Kontrol gula darah yang baik mencegah progresi gagal ginjal

		penyakit ginjal kronis (CKD)	meningkatkan risiko kematian.	pada pasien DM Tipe 2.
17	(Jung et al., 2024)	Studi populasi dan pemeriksaan patofisiologi klinis	Resistensi insulin berkaitan langsung dengan perkembangan komplikasi jantung dan penyakit hati pada pasien DM Tipe 2.	Terapi yang mengurangi resistensi insulin perlu menjadi prioritas untuk mencegah komplikasi organ.

Tabel 1.1 Bukti Terbaru (Evidence) Mengenai Manajemen Kontrol Gula Darah pada DM Tipe 2

4. Hambatan dan Tantangan dalam Pengelolaan DM Tipe 2

a. Tantangan dalam Individualisasi Terapi

Meskipun pendekatan individualisasi dalam terapi obat sangat disarankan, praktik di lapangan menunjukkan beberapa hambatan, seperti:

- 1) Keterbatasan akses dan biaya: Penggunaan terapi canggih seperti GLP-1 agonists dan SGLT-2 inhibitors dapat terbatas oleh faktor biaya, terutama di negara berkembang.
- 2) Keterbatasan dalam pemantauan dan data: Tidak semua pasien memiliki akses ke CGM atau alat pemantauan glukosa yang canggih, yang membatasi kemampuan untuk mengintegrasikan teknologi ini dalam manajemen harian.
- 3) Kepatuhan terhadap pengobatan: Pasien DM Tipe 2 sering kali tidak mematuhi rejimen pengobatan yang disarankan, yang dapat disebabkan oleh efek samping obat, kebiasaan gaya hidup, atau kurangnya pemahaman tentang pentingnya pengobatan yang tepat (Hasniati et al., 2023).

b. Tantangan dalam Penggunaan Teknologi

Meskipun CGM dan teknologi pemantauan lainnya memiliki potensi besar dalam meningkatkan pengelolaan DM Tipe 2, ada beberapa tantangan:

- 1) Akses terhadap teknologi: Teknologi seperti CGM dan aplikasi digital membutuhkan perangkat dan konektivitas internet yang mungkin tidak tersedia untuk semua pasien.
- 2) Literasi digital: Tidak semua pasien merasa nyaman atau memiliki keterampilan untuk menggunakan perangkat teknologi yang diperlukan untuk pengelolaan diabetes secara digital.

- 3) Masalah data: Data yang dihasilkan oleh CGM memerlukan interpretasi yang tepat. Ketidakmampuan dalam memahami atau menganalisis data dapat mengurangi manfaat teknologi tersebut.

Faktor penghambat mencakup kepatuhan pasien terhadap gaya hidup/gizi, akses ke layanan kesehatan dan teknologi, literasi digital yang rendah, serta beban komorbiditas (Maida et al., 2025). Variabilitas glukosa dan hipoglikemia tetap menjadi tantangan penting dalam manajemen jangka panjang DM Tipe 2 (International Diabetic Federation, 2025).

Bukti terbaru menunjukkan bahwa pengelolaan DM Tipe 2 telah berkembang jauh dari hanya pengendalian glukosa dengan obat saja (Barchiesi et al., 2025; Davies et al., 2022b; Uhl et al., 2024). Pendekatan multidisipliner, termasuk pengaturan gaya hidup (diet, olahraga), teknologi digital (CGM, aplikasi pemantauan), serta individualisasi terapi berdasarkan profil pasien (misalnya usia, komorbiditas) telah terbukti lebih efektif dalam mengontrol gula darah dan mencegah komplikasi (Alhaiti, 2025; Maida et al., 2025; Shamanna et al., 2024). Dengan bukti-bukti ini, praktisi medis dapat memperkuat pendekatan perawatan pasien dengan DM Tipe 2 melalui kombinasi pengobatan yang tepat, manajemen gaya hidup, dan pemantauan yang lebih akurat menggunakan teknologi terbaru.

C. Praktik Terbaik Yang Dapat Diterapkan Di Konteks Klinik Dan Kesehatan Masyarakat

Bagian praktik ini memuat langkah-operasional yang bisa diterapkan oleh tenaga kesehatan, termasuk dosen, praktisi, dan tim multidisiplin di klinik ataupun komunitas.

1. Edukasi dan Pemantauan Mandiri

Pemantauan gula darah mandiri (self-monitoring of blood glucose/SMBG) adalah salah satu intervensi penting dalam pengelolaan diabetes. Pasien yang teredukasi dengan baik mengenai cara melakukan pemantauan gula darah dapat lebih aktif mengelola kondisi mereka. Oleh karena itu, edukasi mengenai penggunaan alat pemantauan gula darah, seperti glucometer atau continuous glucose monitoring (CGM), dan interpretasi hasilnya sangat penting.

- a. Edukasi pasien mengenai pemantauan gula darah mandiri (self-monitoring of blood glucose/SMBG) atau bila tersedia CGM, serta interpretasi hasil pengukuran untuk tindakan selanjutnya (penyesuaian diet, aktivitas, konsultasi dokter) (Harbaeni et al., 2023).

- b. Edukasi kepada pasien mengenai pemantauan gula darah mandiri (SMBG) atau penggunaan teknologi pemantauan glukosa kontinu (CGM) memungkinkan mereka untuk memperoleh informasi yang lebih akurat tentang kondisi glikemik mereka. Penelitian menunjukkan bahwa pasien yang dapat memonitor gula darah mereka secara mandiri lebih mampu membuat keputusan pengelolaan terkait diet, aktivitas fisik, dan pengobatan. Pemantauan gula darah juga membantu mereka dalam menyesuaikan diet, melakukan aktivitas fisik, serta konsultasi dengan dokter jika diperlukan (Hwang et al., 2024).
- c. Menetapkan target glukosa yang sesuai dengan profil individu adalah aspek penting dalam pengelolaan diabetes. Berdasarkan pedoman algoritma 2023, target glukosa puasa adalah <110 mg/dL dan 2 jam setelah makan <140 mg/dL pada banyak pasien DM Tipe 2. Namun, penyesuaian target ini perlu dilakukan berdasarkan faktor individu seperti usia, komorbiditas, dan risiko hipoglikemia (Samson et al., 2023).
- d. Menyusun jadwal tinjauan rutin (misalnya setiap 3-6 bulan untuk HbA1c, bulanan atau lebih sering untuk SMBG/CGM) dan memberi feedback kepada pasien. adalah langkah penting untuk memastikan bahwa kontrol glikemik pasien berada dalam target yang diinginkan. Memberikan feedback secara rutin kepada pasien dapat meningkatkan kepatuhan dan motivasi pasien dalam mengelola diabetes mereka (Porey & Jaiswal, 2024).

2. Pengaturan Gaya Hidup

Pengaturan gaya hidup adalah kunci dalam pengelolaan diabetes. Intervensi gaya hidup yang melibatkan diet, aktivitas fisik, dan manajemen berat badan dapat memperbaiki hasil kontrol gula darah, serta mencegah atau memperlambat perkembangan komplikasi terkait diabetes (Hasniati et al., 2025).

- a. Mengembangkan rencana diet dengan pengaturan karbohidrat, pemilihan sumber karbohidrat indeks glikemik rendah, dan pengaturan porsi makan.
- b. Salah satu intervensi gaya hidup yang penting adalah pengaturan diet, khususnya pengaturan asupan karbohidrat. Rencana diet yang mengatur karbohidrat dan memilih sumber karbohidrat dengan indeks glikemik rendah dapat membantu menstabilkan kadar gula darah pasien DM Tipe 2. Kombinasi pengaturan diet yang tepat dengan pemantauan

- glukosa yang baik dapat menurunkan HbA1c secara signifikan (Gee et al., 2023).
- c. Memfasilitasi aktivitas fisik rutin (misalnya ≥ 150 menit aktivitas aerobik moderat per minggu) dan pengaturan berat badan serta komposisi tubuh.
 - d. Aktivitas fisik rutin seperti 150 menit aktivitas aerobik moderat per minggu memiliki dampak yang sangat positif pada kontrol glikemik dan pengelolaan berat badan pasien DM Tipe 2. Manajemen berat badan yang baik sangat berperan dalam meningkatkan sensitivitas insulin, mengurangi resistensi insulin, serta menurunkan risiko komplikasi seperti penyakit jantung dan ginjal (Gallardo-Gómez et al., 2024; Hasniati et al., 2025; Silva et al., 2024) .
 - e. Mendorong perubahan perilaku melalui coaching, motivasi, dan bila memungkinkan melalui platform digital (aplikasi, telehealth). Misalnya integrasi aplikasi dan IoT seperti pada studi *GLIDE* (Ambesange et al., 2024b) . Coaching dan motivasi sangat diperlukan dalam mendukung perubahan perilaku yang berkelanjutan pada pasien DM Tipe 2. Penggunaan platform digital seperti aplikasi kesehatan dan telehealth dapat mendukung pengelolaan gaya hidup, terutama bagi pasien yang tidak dapat mengakses dukungan langsung secara rutin. Integrasi IoT dan aplikasi berbasis digital membantu pasien mengontrol pola makan, aktivitas fisik, serta memberikan umpan balik secara real-time.

3. Terapis Obat dan Teknologi

Pendekatan farmakologis yang tepat harus diintegrasikan dengan teknologi pemantauan glukosa untuk mencapai kontrol glikemik yang optimal.

- a. Menetapkan skema terapi obat sesuai pedoman dan menyesuaikan bila target tidak tercapai (“treat-to-target”). Terapi obat harus dimulai dengan metformin, dan jika target glikemik tidak tercapai, terapi dapat diintensifkan sesuai pedoman terbaru yang mengintegrasikan penggunaan GLP-1 receptor agonists dan SGLT2 inhibitors (Davies et al., 2022b).
- b. Memanfaatkan teknologi pemantauan glukosa (misalnya CGM) untuk pasien yang memungkinkan, untuk memperoleh data real-time dan memantau variabilitas glukosa . Penggunaan CGM dapat memberikan data

real-time tentang fluktuasi glukosa darah, yang sangat membantu dalam penyesuaian dosis obat dan diet.(ElSayed et al., 2025).

- c. Mengimplementasikan pendekatan tim multidisiplin (dokter endokrin, ahli gizi, perawat diabetes, teknologi kesehatan digital) untuk menyesuaikan intervensi pada tiap pasien.

4. Integrasi ke Konteks Pendidikan & Pelayanan di Indonesia

a. Integrasi ke Pendidikan Tinggi dan Praktik Klinis

Sebagai dosen dan praktisi di Indonesia, penting untuk memasukkan modul edukasi yang mendalam tentang manajemen gula darah pasien dengan Diabetes Mellitus Tipe 2 (DM Tipe 2) ke dalam kurikulum mahasiswa keperawatan, kebidanan, atau ilmu kesehatan masyarakat. Modul tersebut harus mencakup elemen-kunci seperti: literasi digital, penggunaan aplikasi kesehatan dan telehealth untuk pemantauan glukosa, dan peran tim multidisipliner dalam manajemen pasien. Contoh penerapan:

- 1) Mahasiswa diajarkan bagaimana menginterpretasikan data dari pemantauan glukosa (SMBG atau CGM) dan merancang rencana intervensi yang melibatkan diet, aktivitas, dan obat-obatan.
- 2) Praktisi dan dosen bekerja sama untuk menyelenggarakan workshop atau simulasi telehealth, sehingga mahasiswa memahami konteks layanan pasien di daerah dengan sumber daya terbatas. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa integrasi pendidikan digital dan publik health dalam pendidikan tinggi meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam memberikan perawatan yang berbasis bukti dan teknologi (Kerr et al., 2024a; Verweel et al., 2023; Zhang et al., 2023).

b. Protokol Pemantauan Glukosa dan Jalur Rujukan di Klinik Pelayanan Primer

Di tingkat pelayanan primer, seperti puskesmas atau klinik komunitas, sangat penting untuk menyusun protokol operasional yang jelas. Protokol ini dapat mencakup:

- 3) Pemantauan glukosa rutin (baik SMBG maupun CGM bila tersedia) serta jadwal tinjauan ulang (misalnya HbA_{1c} setiap 3-6 bulan).
- 4) Jalur rujukan pasien yang tidak mencapai target glikemik dalam waktu yang wajar ke layanan spesialis (endokrinolog, dokter diabetes) atau tim multidisipliner.
- 5) Sistem tindak lanjut yang menggunakan teknologi digital: pasien mengunggah data glukosa ke aplikasi, dan tenaga kesehatan dapat memberi umpan balik jarak jauh, memodifikasi intervensi gaya hidup atau terapi obat sesuai hasil pemantauan. Beberapa studi menunjukkan bahwa intervensi berbasis protokol dengan telemonitoring di klinik primer meningkatkan kontrol gula darah dan menurunkan HbA_{1c} secara signifikan dibanding perawatan biasa (Cai et al., 2023; Getie et al., 2025; Tan et al., 2025). Penelitian Di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan telehealth di puskesmas memperbaiki pemantauan glukosa dan memperkuat rujukan ke spesialis (Prawestiningtyas et al., 2023; Syamsu et al., 2023).

c. Evaluasi Kontekstual dan Adaptasi Lokal

Konteks Indonesia sangat heterogen: akses teknologi, budaya, tingkat literasi kesehatan, dan sumber daya fasilitas sangat bervariasi antara kota besar dan daerah terpencil. Oleh karena itu, evaluasi hasil penerapan strategi manajemen gula darah harus mempertimbangkan unsur-lokal ini. Langkah-operasional meliputi:

- 1) Melakukan audit lokal terhadap akses pasien ke smartphone/internet/alat pemantauan glukosa.
- 2) Melakukan survei budaya dan kebiasaan makan lokal untuk adaptasi intervensi diet dan aktivitas fisik agar sesuai budaya dan kondisi sosial ekonomi.

- 3) Menyusun indikator evaluasi seperti perubahan HbA_{1c}, kepatuhan pemantauan glukosa, penggunaan aplikasi digital, dan rujukan yang berjalan.
- 4) Berdasarkan hasil evaluasi, melakukan adaptasi protokol: misalnya jika CGM tidak tersedia di daerah terpencil, maka protokol menggunakan SMBG terjangkau atau kelompok dukungan komunitas. pendekatan adaptasi kontekstual sangat penting dalam implementasi manajemen DM Tipe 2 di negara berkembang, agar strategi tidak hanya efektif di level studi tetapi juga sustainable di lapangan (Lutfian et al., 2025; Pratama, 2024).

D. Implikasi Manajemen Kontrol Gula Darah pada Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2

a) Implikasi Klinis

Pengelolaan gula darah yang efektif pada pasien DM Tipe 2 tidak hanya berfokus pada kontrol glikemik yang baik, tetapi juga pada pencegahan komplikasi jangka panjang yang dapat memengaruhi kualitas hidup pasien. Penggunaan terapi farmakologis yang disesuaikan dengan profil pasien, bersama dengan intervensi gaya hidup (diet, aktivitas fisik, manajemen berat badan), pemantauan glukosa kontinu (CGM), serta penggunaan teknologi digital untuk edukasi dan tindak lanjut pasien, dapat secara signifikan meningkatkan kontrol gula darah dan menurunkan risiko komplikasi, seperti penyakit kardiovaskular, gagal ginjal, dan neuropati (ElSayed et al., 2024; Silva-Tinoco et al., 2020).

b) Implikasi Kebijakan

Pada tingkat kebijakan, pengintegrasian teknologi pemantauan glukosa dan intervensi gaya hidup harus didorong untuk meningkatkan akses kepada pasien di seluruh Indonesia. Mengingat keragaman geografis dan sumber daya yang ada, kebijakan kesehatan harus mempertimbangkan elemen lokal, seperti akses ke teknologi dan literasi digital dalam merancang protokol manajemen diabetes. Hal ini sangat penting agar strategi pengelolaan gula darah berkelanjutan dapat diimplementasikan secara efektif di berbagai wilayah, baik kota besar maupun daerah terpencil.

c) **Implikasi Sosial**

Secara sosial, literasi kesehatan dan literasi digital merupakan tantangan besar dalam pengelolaan diabetes di Indonesia, terutama di daerah dengan keterbatasan teknologi dan akses informasi. Oleh karena itu, penguatan pendidikan diabetes yang mencakup teknologi digital (seperti aplikasi pemantauan gula darah, telehealth) sangat penting dalam mendukung manajemen mandiri pasien. Sosialisasi yang berbasis komunitas juga dapat mempercepat peningkatan kesadaran kesehatan tentang pentingnya kontrol gula darah dan perubahan gaya hidup sehat (Kerr et al., 2024a).

d) **Implikasi bagi Tenaga Kesehatan**

Bagi tenaga kesehatan, terutama di klinik dan puskesmas, pelatihan dan peningkatan kapasitas dalam menggunakan teknologi pemantauan gula darah seperti CGM dan aplikasi digital sangat diperlukan. Pendekatan multidisipliner, yang melibatkan dokter, perawat diabetes, ahli gizi, dan tenaga kesehatan digital lainnya, harus diimplementasikan untuk penyesuaian intervensi pada tiap pasien sesuai dengan kebutuhan mereka. Tim multidisipliner harus bekerja sama untuk membuat rencana perawatan yang individualisasi, yang mempertimbangkan preferensi pasien, serta ketersediaan teknologi (Runyon & Koran-Scholl, 2025; Zadel et al., 2025).

E. Tantangan dalam Pengelolaan Diabetes Tipe 2

Meskipun ada berbagai pilihan terapi untuk pengelolaan diabetes tipe 2, banyak pasien yang tidak dapat mencapai target kontrol gula darah yang optimal. Beberapa tantangan utama yang dihadapi meliputi ketidakpatuhan terhadap pengobatan, kesulitan dalam mengikuti perubahan gaya hidup yang disarankan, serta masalah ekonomi yang membatasi akses terhadap pengobatan dan teknologi pemantauan yang tepat (Lee et al., 2022).

Selain itu, banyak pasien diabetes yang juga menghadapi masalah psikologis, seperti depresi dan kecemasan, yang dapat mempengaruhi kepatuhan mereka terhadap pengobatan dan perawatan diri mereka (Khan et al., 2022). Oleh karena itu, pendekatan yang lebih holistik, yang mencakup dukungan psikososial, sangat diperlukan dalam pengelolaan diabetes tipe 2.

F. Strategi Pengelolaan Gula Darah pada Pasien Diabetes Tipe 2

Pengelolaan gula darah pada pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 (DM Tipe 2) adalah upaya yang memerlukan pendekatan multidisipliner yang melibatkan pendidikan

pasien, terapi farmakologis, serta intervensi gaya hidup yang disesuaikan dengan kebutuhan individu. Pada dasarnya, pengelolaan gula darah bertujuan untuk menjaga kadar glukosa dalam darah tetap stabil, mencegah komplikasi jangka panjang, dan meningkatkan kualitas hidup pasien. Berikut adalah beberapa strategi pengelolaan gula darah yang dapat diterapkan pada pasien DM Tipe 2, yang mencakup komponen terapi gaya hidup, terapi farmakologis, serta teknologi pendukung.

1. Pengaturan Gaya Hidup

Gaya hidup sehat adalah pilar utama dalam pengelolaan diabetes tipe 2, yang mencakup tiga aspek penting: diet, aktivitas fisik, dan manajemen berat badan. Strategi ini bertujuan untuk memperbaiki sensitivitas insulin, menurunkan kadar glukosa darah, dan mengurangi risiko komplikasi yang terkait dengan diabetes .

a. Diet

- 1) Pengaturan asupan karbohidrat menjadi komponen penting dalam manajemen DM Tipe 2. Pasien disarankan untuk memilih karbohidrat kompleks dengan indeks glikemik rendah untuk membantu mengatur lonjakan gula darah pasca makan.
- 2) Penerapan diet seimbang yang mengandung banyak sayur, buah, dan protein rendah lemak dapat membantu mengendalikan berat badan dan mengoptimalkan metabolisme glukosa.

b. Aktivitas Fisik

- 1) Aktivitas fisik rutin (minimal 150 menit aktivitas aerobik per minggu) dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan membantu penurunan berat badan. Ini juga membantu mengurangi resistensi insulin, salah satu mekanisme utama yang menyebabkan DM Tipe 2.
- 2) Olahraga yang teratur, seperti berjalan, berlari, atau bersepeda, memberikan efek positif pada kadar glukosa darah, serta meningkatkan kesehatan jantung yang sering terpengaruh pada pasien diabetes.

c. Manajemen Berat Badan

- 1) Penurunan berat badan menjadi bagian penting dalam pengelolaan DM Tipe 2, terutama pada pasien dengan overweight atau obesitas.
- 2) Manajemen berat badan dapat memperbaiki sensitivitas insulin dan mengurangi peradangan yang berkontribusi pada perkembangan DM Tipe 2.

2. Terapi Farmakologis

Terapi obat untuk DM Tipe 2 bertujuan untuk mengurangi kadar glukosa darah, mengembalikan fungsi insulin, dan mencegah kerusakan organ vital seperti ginjal dan jantung.

a. Terapi Obat Pertama

- 1) Metformin adalah obat lini pertama yang direkomendasikan untuk sebagian besar pasien DM Tipe 2. Metformin bekerja dengan cara menurunkan produksi glukosa hati dan meningkatkan sensitivitas insulin di otot dan jaringan perifer.
- 2) SGLT-2 inhibitor (misalnya: dapagliflozin, empagliflozin) merupakan pilihan terapi kedua yang membantu mengurangi gula darah dengan cara meningkatkan ekskresi glukosa melalui urin. Obat ini juga memiliki manfaat tambahan dalam melindungi ginjal dan menurunkan risiko kardiovaskular.

G. Penutup

Manajemen kontrol gula darah pada pasien DM Tipe 2 harus dilakukan secara holistik: bukan hanya menurunkan angka HbA1c, tetapi juga mengelola glukosa puasa dan pasca makan, variabilitas glukosa, dan menghindari hipoglikemia. Strategi yang terbukti termasuk kombinasi edukasi pasien, pemantauan mandiri/teknologi digital, intervensi gaya hidup, serta terapi farmakologis yang tepat dan terintegrasi. Tantangan termasuk literasi digital, akses teknologi, dan adaptasi kontekstual dalam setting lokal seperti Indonesia. Untuk ke depan, pengembangan teknologi manajemen glukosa, pendekatan personalisasi, dan penelitian lokal akan menjadi pendorong penting bagi peningkatan kualitas hidup pasien DM Tipe 2 dan pengurangan komplikasi.

Manajemen kontrol gula darah pada pasien DM Tipe 2 memerlukan pendekatan yang multidisipliner dan berbasis teknologi untuk mencapai kontrol glikemik yang optimal. Oleh karena itu, pendidikan dan literasi digital harus menjadi bagian integral dalam upaya pengelolaan diabetes di Indonesia. Pemerintah dan tenaga kesehatan perlu bekerja sama untuk menciptakan program berbasis teknologi yang disesuaikan dengan kondisi lokal, sambil mempertimbangkan akses, budaya, dan sumber daya yang ada di setiap wilayah.

Referensi

- Abbas, W. (2025). Mobile-Driven Incentive-Based Exercise for Blood Glucose Control in Type 2 Diabetes.
- Abdul Latif el Ejel, B., Sattar, S., Fatima, S. B., Khan, H. N., Ali, H., Iftikhar, A., Sarwer, M. A., & Mushtaq, M. (2025). Digital Diabetes Management Technologies for Type 2 Diabetes: A Systematic Review of Home-Based Care Interventions. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.84177>
- Ahmed, Y. H., Elbadawi, H. s, Sultan, I., Mohammed, R. A., Aljedaani, H., Abozeid, H. E., & Badawy, M. (2024). Implementation and Outcomes of Multidisciplinary Diabetes Management Program Among Type 2 Diabetic Patients: A Comparative Study. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.60979>
- Alhaiti, A. (2025). Integrative technologies in nursing-led interventions for diabetes management: a systematic review of efficacy and outcomes. *BMC Nursing*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12912-025-03435-9>
- Ambesange, A., Khomane, A. L., Parikh, J., Aswal, D., Gharia, M., Sharma, P., Trivedi, V., Maheshwari, T., Mishra, A., Bhavsar, B., & Athavale, V. (2024a). Optimizing glycemic control in type 2 diabetes: the impact of the GLIDE program's personalized digital health intervention. *Frontiers in Clinical Diabetes and Healthcare*, 5, 1494009. <https://doi.org/10.3389/fcdhc.2024.1494009>
- Ambesange, A., Khomane, A. L., Parikh, J., Aswal, D., Gharia, M., Sharma, P., Trivedi, V., Maheshwari, T., Mishra, A., Bhavsar, B., & Athavale, V. (2024b). Optimizing glycemic control in type 2 diabetes: the impact of the GLIDE program's personalized digital health intervention. *Frontiers in Clinical Diabetes and Healthcare*, 5. <https://doi.org/10.3389/fcdhc.2024.1494009>
- Banks, M. P., Pilla, S. J., Balasubramanyam, A., Yeh, H.-C., Johnson, K. C., Rigdon, J., Wagenknecht, L. E., & Espeland, M. A. (2024). Association of Lifestyle Intervention With Risk for Cardiovascular Events Differs by Level of Glycated Hemoglobin. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 109(3), e1012–e1019. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgad674>
- Barchiesi, M. A., Calabrese, A., Costa, R., Di Pillo, F., D'Uffizi, A., Tiburzi, L., & Zahid, E. (2025). Continuous glucose monitoring in type 2 diabetes: a systematic review of barriers and opportunities for care improvement. *International Journal for Quality in Health Care*, 37(3). <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzaf046>
- Bretschneider, M. P., Klásek, J., Karbanová, M., Timpel, P., Herrmann, S., & Schwarz, P. E. H. (2022). Impact of a Digital Lifestyle Intervention on Diabetes Self-Management: A Pilot Study. *Nutrients*, 14(9), 1810. <https://doi.org/10.3390/nu14091810>
- Cangelosi, G., Mancin, S., Pantanetti, P., Nguyen, C. T. T., Morales Palomares, S., Biondini, F., Sguanci, M., & Petrelli, F. (2024). Lifestyle Medicine Case Manager Nurses for Type Two Diabetes Patients: An Overview of a Job Description

- Framework—A Narrative Review. *Diabetology*, 5(4), 375–388. <https://doi.org/10.3390/diabetology5040029>
- Colagiuri, S., & Ceriello, A. (2025). Glycaemic control assessment and targets in type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 222. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2025.112146>
- Davies, M. J., Aroda, V. R., Collins, B. S., Gabbay, R. A., Green, J., Maruthur, N. M., Rosas, S. E., Del Prato, S., Mathieu, C., Mingrone, G., Rossing, P., Tankova, T., Tsapas, A., & Buse, J. B. (2022a). Management of hyperglycaemia in type 2 diabetes, 2022. A consensus report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetologia*, 65(12), 1925–1966. <https://doi.org/10.1007/s00125-022-05787-2>
- Davies, M. J., Aroda, V. R., Collins, B. S., Gabbay, R. A., Green, J., Maruthur, N. M., Rosas, S. E., Del Prato, S., Mathieu, C., Mingrone, G., Rossing, P., Tankova, T., Tsapas, A., & Buse, J. B. (2022b). Management of Hyperglycemia in Type 2 Diabetes, 2022. A Consensus Report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care*, 45(11), 2753–2786. <https://doi.org/10.2337/dci22-0034>
- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Bannuru, R. R., Bruemmer, D., Collins, B. S., Ekhlaspour, L., Hilliard, M. E., Johnson, E. L., Khunti, K., Lingvay, I., Matfin, G., McCoy, R. G., Perry, M. Lou, Pilla, S. J., Polsky, S., Prahalad, P., Pratley, R. E., Segal, A. R., Seley, J. J., ... Gabbay, R. A. (2024). Diabetes Technology: Standards of Care in Diabetes. *Diabetes Care*, 47(Supplement_1), S126–S144. <https://doi.org/10.2337/dc24-S007>
- ElSayed, N. A., McCoy, R. G., Aleppo, G., Bajaj, M., Balapattabi, K., Beverly, E. A., Briggs Early, K., Bruemmer, D., Callaghan, B. C., Cusi, K., Das, S. R., Ebekozien, O., Echouffo-Tcheugui, J. B., Eichorst, B., Ekhlaspour, L., Fleming, T. K., Frykberg, R. G., Gaglia, J. L., Galindo, R. J., ... Bannuru, R. R. (2025). Summary of Revisions: Standards of Care in Diabetes—2025. *Diabetes Care*, 48(Supplement_1), S6–S13. <https://doi.org/10.2337/dc25-SREV>
- Febriani, B., Anggondowati, T., Silalahi, J. V, Fatimah, F., Nurhalimah, N., & Audila, H. (2025). The Benefits of Diabetes Self Management Education (DSME) on Glycemic Control (HBA1C) Among Adult Type 2 Diabetes Mellitus Patients in Southeast Asia: A Systematic Review. *Indonesian Journal of Global Health Research*, 7(4), 295–306. <https://doi.org/10.37287/ijghr.v7i4.6360>
- Galindo, R. J., Trujillo, J. M., Low Wang, C. C., & McCoy, R. G. (2023). Advances in the management of type 2 diabetes in adults. In *BMJ Medicine* (Vol. 2, Issue 1). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmjmed-2022-000372>
- Gallardo-Gómez, D., Salazar-Martínez, E., Alfonso-Rosa, R. M., Ramos-Munell, J., del Pozo-Cruz, J., del Pozo Cruz, B., & Álvarez-Barbosa, F. (2024). Optimal Dose and Type of Physical Activity to Improve Glycemic Control in People Diagnosed With Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Diabetes Care*, 47(2), 295–303. <https://doi.org/10.2337/dc23-0800>
- Gardner, D. S. L., Saboo, B., Kesavadev, J., Mustafa, N., Villa, M., Mahoney, E., & Bajpai, S. (2025). Digital Health Technology in Diabetes Management in the Asia-Pacific

- Region: A Narrative Review of the Current Scenario and Future Outlook. In *Diabetes Therapy* (Vol. 16, Issue 3, pp. 349–369). Adis. <https://doi.org/10.1007/s13300-025-01692-0>
- Gee, N. R., Townsend, L. D., & Findling, R. L. (2023). Chapter 17. Take-Home Messages. In *The Role of Companion Animals in the Treatment of Mental Disorders* (pp. 273–278). American Psychiatric Association Publishing. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9781615379910.lg17>
- Gnudi, L. (2023). Renal disease in patients with type 2 diabetes: Magnitude of the problem, risk factors and preventive strategies. *La Presse Médicale*, 52(1), 104159. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2022.104159>
- Harbaeni, Hasniati, Saldy Yusuf, & Masriadi. (2023). The effect of Diabetes Health Education on self-care compliance among type 2 diabetes mellitus. *International Journal of Nursing and Health Services (IJNHS)*, 6(1).
- Hasib, S., Faruqui, A., Alaeddini, A., Du, Y., Li, S., Sharma, K., & Wang, J. (2025). Nurse-in-the-Loop Artificial Intelligence for Precision Management of Type 2 Diabetes in a Clinical Trial Utilizing Transfer-Learned Predictive Digital Twin.
- Hasniati, H., Harbaeni, H., Yusuf, S., & Masriadi, M. (2023). Health Education-Based Group on Self-care Adherence among Patients with Diabetes Mellitus in Cendrawasih Public Health Center, Makassar City. *International Journal of Nursing and Health Services (IJNHS)*, 6(4). <https://doi.org/10.35654/ijnhs.v6i4.664>
- Heo, G. Y., Koh, H. B., Kim, H. W., Park, J. T., Yoo, T.-H., Kang, S.-W., Kim, J., Kim, S. W., Kim, Y. H., Sung, S. A., Oh, K.-H., & Han, S. H. (2023). Glycemic Control and Adverse Clinical Outcomes in Patients with Chronic Kidney Disease and Type 2 Diabetes Mellitus: Results from KNOW-CKD. *Diabetes & Metabolism Journal*, 47(4), 535–546. <https://doi.org/10.4093/dmj.2022.0112>
- Hasniati, Amiruddin, R., M. Furqaan Naiem, Yusuf, S., & Harbaeni. (2025). *Hidup Sehat Dengan Diabetes panduan Praktis Pengelolaan Diabetes Melitus*. PaperHome Indonesia.
- Hsia, J., Guthrie, N. L., Lupinacci, P., Gubbi, A., Denham, D., Berman, M. A., & Bonaca, M. P. (2022). Randomized, Controlled Trial of a Digital Behavioral Therapeutic Application to Improve Glycemic Control in Adults With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, 45(12), 2976–2981. <https://doi.org/10.2337/dc22-1099>
- Hwang, U., Kim, B. Q., Nam, J.-D., & Lee, D. (2024). Flexible Antireflection Coatings with Enhanced Durability and Antifogging Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 16(8), 10714–10721. <https://doi.org/10.1021/acsami.3c17986>
- International Diabetes Federation. (2021). *IDF Diabetes Atlas 10th edition*. www.diabetesatlas.org
- International Diabetes Federation. (2024). *Annual Report International Diabetes Federation 2024*.

- International Diabetic Federation. (2025). *IDF Global Clinical Practice Recommendations for Managing Type 2 Diabetes 2025*.
- Jung, I., Koo, D.-J., & Lee, W.-Y. (2024). Insulin Resistance, Non-Alcoholic Fatty Liver Disease and Type 2 Diabetes Mellitus: Clinical and Experimental Perspective. *Diabetes & Metabolism Journal*, 48(3), 327–339. <https://doi.org/10.4093/dmj.2023.0350>
- Kerr, D., Ahn, D., Waki, K., Wang, J., Breznen, B., & Klonoff, D. C. (2024a). Digital Interventions for Self-Management of Type 2 Diabetes Mellitus: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e55757. <https://doi.org/10.2196/55757>
- Kerr, D., Ahn, D., Waki, K., Wang, J., Breznen, B., & Klonoff, D. C. (2024b). Digital Interventions for Self-Management of Type 2 Diabetes Mellitus: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. In *Journal of Medical Internet Research (Vol. 26)*. JMIR Publications Inc. <https://doi.org/10.2196/55757>
- Khunti, K., Zaccardi, F., Amod, A., Aroda, V. R., Aschner, P., Colagiuri, S., Mohan, V., & Chan, J. C. N. (2025). Glycaemic control is still central in the hierarchy of priorities in type 2 diabetes management. *Diabetologia*, 68(1), 17–28. <https://doi.org/10.1007/s00125-024-06254-w>
- Kitazawa, M., Takeda, Y., Hatta, M., Horikawa, C., Sato, T., Osawa, T., Ishizawa, M., Suzuki, H., Matsubayashi, Y., Fujihara, K., Yamada, T., & Sone, H. (2024). Lifestyle Intervention With Smartphone App and isCGM for People at High Risk of Type 2 Diabetes: Randomized Trial. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 109(4), 1060–1070. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgad639>
- Kong, S.-Y., & Cho, M.-K. (2024). Effects of Continuous Glucose Monitoring on Glycemic Control in Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare*, 12(5), 571. <https://doi.org/10.3390/healthcare12050571>
- Kumutator, S. K., Balasubramanian, V. G., Zaccardi, F., Gillies, C. L., Aroda, V. R., Seidu, S., & Khunti, K. (2024). Glycaemic control and macrovascular and microvascular outcomes: A systematic review and meta-analysis of trials investigating intensive glucose-lowering strategies in people with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 26(6), 2069–2081. <https://doi.org/10.1111/dom.15511>
- Lu, X., Xie, Q., Pan, X., Zhang, R., Zhang, X., Peng, G., Zhang, Y., Shen, S., & Tong, N. (2024). Type 2 diabetes mellitus in adults: pathogenesis, prevention and therapy. In *Signal Transduction and Targeted Therapy (Vol. 9, Issue 1)*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01951-9>
- Maida, E., Caruso, P., Bonavita, S., Abbadessa, G., Miele, G., Longo, M., Scappaticcio, L., Ruocco, E., Trojsi, F., Esposito, K., Lavorgna, L., & Maiorino, M. I. (2025). Digital Health in Diabetes Care: A Narrative Review from Monitoring to the Management of Systemic and Neurologic Complications. *Journal of Clinical Medicine*, 14(12), 4240. <https://doi.org/10.3390/jcm14124240>
- Markowitz, B., de Sequeira, S., Najam, A., Pritlove, C., Greenberg, D., Greenberg, M., Chee-Mei, C., Lakhnani, G., Jagadeesh, S., Mukerji, G., Shulman, R., Wittman, H.

- O., Yu, C. H., Booth, G. L., Parsons, J. A., & Committee13, T. T. P. A. (2024). Beyond Hemoglobin A1c—Outcomes That Matter to Individuals With Type 1 Diabetes in Adopting Digital Health Interventions for Self-Management Support: Qualitative Study. *JMIR Diabetes*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.2196/60190>
- Mira-Martínez, S., Malih, N., Angullo-Martínez, E., Zamanillo-Campos, R., Yañez, A. M., Bannasar-Veny, M., Gómez-Juanes, R., Konieczna, J., Jiménez, R., Serrano-Ripoll, M. J., Fiol-deRoque, M. A., Leiva, A., Galmes-Panades, A. M., Miralles-Xamena, J., Vidal-Thomàs, M. C., Gómez-Cobo, C., Gervilla, E., Oña-Gil, J. I., & Ricci-Cabello, I. (2025). A Multifaceted Digital Intervention for the Prevention of Type 2 Diabetes Mellitus in Primary Care (PREDIABETEXT): Cluster Randomized Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e70981. <https://doi.org/10.2196/70981>
- Młynarska, E., Czarnik, W., Dzieża, N., Jędraszak, W., Majchrowicz, G., Prusinowski, F., Stabrawa, M., Rysz, J., & Franczyk, B. (2025). Type 2 Diabetes Mellitus: New Pathogenetic Mechanisms, Treatment and the Most Important Complications. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), 1094. <https://doi.org/10.3390/ijms26031094>
- Porey, C., & Jaiswal, B. K. (2024). Isolated intracranial hypertension without cerebral venous sinus thrombosis in APLA syndrome: an unique association. *International Journal of Neuroscience*, 134(12), 1547–1550. <https://doi.org/10.1080/00207454.2023.2273764>
- Rindarwati, A., Amalia, L., & Permana, H. (2025). Mobile health intervention to reduce HbA1c in type 2 diabetes: a quasi-experimental study in Indonesian primary care. *Pharmacia*, 72, 1–9. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.72.e160083>
- Samson, S. L., Vellanki, P., Blonde, L., Christofides, E. A., Galindo, R. J., Hirsch, I. B., Isaacs, S. D., Izuora, K. E., Low Wang, C. C., Twining, C. L., Umpierrez, G. E., & Valencia, W. M. (2023). American Association of Clinical Endocrinology Consensus Statement: Comprehensive Type 2 Diabetes Management Algorithm – 2023 Update. *Endocrine Practice*, 29(5), 305–340. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2023.02.001>
- Shamanna, P., Erukulapati, R. S., Shukla, A., Shah, L., Willis, B., Thajudeen, M., Kovil, R., Baxi, R., Wali, M., Damodharan, S., & Joshi, S. (2024). One-year outcomes of a digital twin intervention for type 2 diabetes: a retrospective real-world study. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76584-7>
- Silva, F. M., Duarte-Mendes, P., Teixeira, A. M., Soares, C. M., & Ferreira, J. P. (2024). The effects of combined exercise training on glucose metabolism and inflammatory markers in sedentary adults: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51832-y>
- Uhl, S., Choure, A., Rouse, B., Loblack, A., & Reaven, P. (2024). Effectiveness of Continuous Glucose Monitoring on Metrics of Glycemic Control in Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 109(4), 1119–1131. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgad652>
- Verweel, L., Newman, A., Michaelchuk, W., Packham, T., Goldstein, R., & Brooks, D. (2023). The effect of digital interventions on related health literacy and skills for

- individuals living with chronic diseases: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Medical Informatics*, 177, 105114. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105114>
- Wang, H., Chen, F., Zhang, Q., Chen, J., Zhang, W., Fang, L., & Xiong, P. (2025). Evidence-Based Synthesis for Practice: Lifestyle Interventions in Type 2 Diabetes with Obesity. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, Volume 18, 3671–3686. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S550776>
- Wang, Y., Chai, X., Wang, Y., Yin, X., Huang, X., Gong, Q., Zhang, J., Shao, R., & Li, G. (2025). Effectiveness of Different Intervention Modes in Lifestyle Intervention for the Prevention of Type 2 Diabetes and the Reversion to Normoglycemia in Adults With Prediabetes: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e63975. <https://doi.org/10.2196/63975>
- Xiao, Y., Wang, Z., Zhang, L., Xie, N., Chen, F., Song, Z., & Zhao, S. (2025). Effectiveness of Digital Diabetes Management Technology on Blood Glucose in Patients With Type 2 Diabetes at Home: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e66441. <https://doi.org/10.2196/66441>
- Zhang, M., Zhang, H., Zhu, R., Yang, H., Chen, M., Wang, X., Li, Z., & Xiong, Z. (2023). Factors affecting the willingness of patients with type 2 diabetes to use digital disease management applications: a cross-sectional study. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1259158>