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

INFORMASI ARTIKEL
Received: April, 07, 2026
Revised: July, 21, 2026
Available online: July, 22, 2026
at: https://e-jurnal.iphorr.com/index.php/hjk

# Efektivitas *high-intensity interval training* terhadap kontrol glikemik (HbA1c) dan sensitivitas insulin pada pasien diabetes melitus tipe 2: *A systematic literature review*

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

**Abstract**

**Background:** Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a chronic metabolic disease characterized by hyperglycemia due to insulin resistance and impaired insulin secretion, necessitating effective interventions to improve glycemic control and insulin sensitivity. One widely studied non-pharmacological approach is high-intensity interval training (HIIT).
**Purpose:** To analyze the effectiveness of HIIT on glycemic control as measured by HbA1c and insulin sensitivity in patients with T2DM.
**Method:** This was a systematic literature review based on the PRISMA guidelines. A literature search was conducted in PubMed, Scopus, and Google Scholar for articles published between 2020 and 2025, yielding 25 studies that met the inclusion criteria.
**Results:** HIIT generally lowers HbA1c and fasting blood glucose, as well as improves HOMA-IR, fasting insulin, and glucose disposal rate. However, the magnitude of the effect varies across studies and is not always superior to moderate-intensity continuous training (MICT), particularly in isoenergetic designs or long-term interventions.
**Conclusion:** Overall, HIIT can be viewed as an effective and efficient exercise strategy worthy of consideration in the management of T2DM, especially when designed with an appropriate protocol and performed consistently.

**Keywords: Glycemic Control; HbA1c; High-Intensity Interval Training; Insulin Sensitivity; Type 2 Diabetes Mellitus.**

## PENDAHULUAN

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan salah satu masalah kesehatan global dengan prevalensi yang terus meningkat dan mencakup lebih dari 90% dari seluruh kasus diabetes. Peningkatan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti obesitas, perilaku sedentari, penuaan populasi, serta gaya hidup tidak sehat (Aschner, Karuranga, James, Simmons, Basit, Shaw, & Saeedi, 2021). Laporan *International Diabetes Federation* (IDF) tahun 2021 memperkirakan sekitar 537 juta orang dewasa di dunia hidup dengan diabetes, dan jumlah tersebut diproyeksikan meningkat menjadi 643 juta pada tahun 2030 serta 783 juta pada tahun 2045 (Haslwanter, Rochau, Siebert, Schönherr, & Oberaigner, 2023). Indonesia termasuk dalam sepuluh negara dengan jumlah penderita diabetes tertinggi di dunia dengan estimasi sekitar 19.5 juta kasus pada tahun 2021 (Abdullah, Agustini, Millenia, & Susanto, 2023). Tingginya prevalensi tersebut menjadikan diabetes sebagai tantangan serius bagi sistem kesehatan karena berhubungan dengan peningkatan risiko komplikasi jangka panjang seperti neuropati, nefropati, dan penyakit kardiovaskular, yang berdampak pada penurunan kualitas hidup serta peningkatan angka morbiditas dan mortalitas; secara global, kematian terkait diabetes pada tahun 2021 diperkirakan mencapai 6,7 juta kasus (Confederat, Condurache, Alexa, & Dragostin, 2023). Kondisi ini menegaskan pentingnya pengelolaan diabetes yang efektif dan komprehensif.

Secara patofisiologis, DMT2 ditandai oleh hiperglikemia kronis akibat kombinasi resistensi insulin

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

dan gangguan sekresi insulin yang menyebabkan terganggunya homeostasis glukosa (Hossain, Al-Mamun, & Islam, 2024). Kondisi ini berkontribusi terhadap terjadinya berbagai komplikasi mikro dan makrovaskular, seperti retinopati, nefropati, neuropati, serta penyakit kardiovaskular, yang pada akhirnya meningkatkan angka morbiditas dan mortalitas (Aschner et al., 2021; Hossain et al., 2024). Oleh karena itu, pengendalian kadar glukosa darah menjadi fokus utama dalam manajemen diabetes guna menurunkan risiko komplikasi (Aschner et al., 2021; Confederat et al., 2023). Dalam praktik klinis, diperlukan parameter yang tepat untuk mengevaluasi keberhasilan pengendalian tersebut.

Hemoglobin terglikasi (HbA1c) merupakan indikator yang paling umum digunakan untuk menilai kontrol glikemik jangka panjang karena merefleksikan rata-rata kadar glukosa darah selama dua hingga tiga bulan terakhir dan digunakan sebagai *gold standard* dalam evaluasi maupun *monitoring* diabetes (Confederat et al., 2023; Haslwanter et al., 2022; Hossain et al., 2024). Namun demikian, HbA1c memiliki keterbatasan karena tidak mampu menggambarkan fluktuasi glukosa harian, sementara variabilitas glikemik juga berperan dalam meningkatkan risiko komplikasi vaskular secara independen (Confederat et al., 2023; Rathmann, Hoyer, Brinks, & Kuss, 2021). Selain itu, sensitivitas insulin tetap menjadi parameter penting dalam patogenesis DMT2, yang umumnya diukur menggunakan indeks seperti HOMA-IR dan berkaitan dengan karakteristik metabolik serta perkembangan komplikasi (Abdullah et al., 2023; Zee, Lee, Lai, Chee, Rafferty, Thomas, & Owens, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa intervensi yang mampu memperbaiki kontrol glikemik sekaligus sensitivitas insulin sangat dibutuhkan.

Selain terapi farmakologis, modifikasi gaya hidup khususnya aktivitas fisik memiliki peran penting dalam pengelolaan DMT2. Salah satu bentuk latihan yang semakin banyak diteliti adalah *High-Intensity Interval Training* (HIIT), yaitu metode latihan dengan kombinasi periode intensitas tinggi dan pemulihan dalam durasi relatif singkat, umumnya pada kisaran ~65–90% $VO_2$max atau ~75–95% HRmax, sehingga menjadi pilihan yang efisien dari segi waktu bagi pasien DMT2 (Aschner et al., 2021; Tönnies et al., 2021). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa HIIT dapat meningkatkan kapasitas oksidatif dan fungsi mitokondria otot, meningkatkan sensitivitas insulin, serta menurunkan kadar HbA1c. Studi intervensi melaporkan bahwa program HIIT selama 8 minggu mampu meningkatkan sensitivitas insulin secara signifikan, meningkatkan $VO_2$max, serta memperbaiki komposisi tubuh dan kontrol glikemik pada pasien DMT2 (Hossain et al., 2024). Temuan ini juga didukung oleh studi yang menunjukkan bahwa HIIT efektif dalam memperbaiki HbA1c, parameter glukosa/insulin, serta kebugaran kardiorespirasi dibandingkan kontrol atau latihan intensitas lebih rendah (Aschner et al., 2021; Confederat et al., 2023).

Efektivitas HIIT masih menunjukkan hasil yang bervariasi dan tidak selalu lebih unggul dibandingkan *moderate-intensity continuous training* (MICT). Beberapa studi isoenergetik melaporkan tidak adanya perbedaan signifikan antara HIIT dan MICT terhadap HbA1c maupun parameter glikemik lainnya (Abdullah et al., 2023; Haslwanter et al., 2022). Variasi protokol latihan, keterbatasan metodologi, serta perbedaan karakteristik populasi menjadi faktor yang memengaruhi hasil penelitian, sehingga menimbulkan ketidakpastian terkait superioritas HIIT. Selain itu, sebagian penelitian masih menilai HbA1c dan sensitivitas insulin secara terpisah, sehingga hubungan keduanya dalam konteks intervensi HIIT belum tergambarkan secara komprehensif. Oleh karena itu, literatur sistematis ini dilakukan untuk mengintegrasikan berbagai temuan penelitian guna memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai efektivitas HIIT terhadap kontrol glikemik dan sensitivitas insulin pada pasien diabetes melitus tipe 2.

## METODE

Penelitian ini menggunakan desain *systematic literature review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis bukti ilmiah mengenai efektivitas *high-intensity interval training* (HIIT) terhadap kontrol glikemik (HbA1c) dan sensitivitas insulin pada pasien diabetes melitus tipe 2 (DMT2). Proses review dilakukan secara sistematis dengan mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

Tahapan yang dilakukan meliputi pencarian literatur, penghapusan duplikasi, skrining judul dan abstrak, evaluasi teks lengkap, serta seleksi akhir studi yang memenuhi kriteria inklusi. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh gambaran komprehensif terkait efektivitas HIIT dalam memperbaiki parameter metabolik utama pada pasien DMT2. Selain itu, digunakan pendekatan PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) sebagai berikut, *Population*: Pasien dewasa dengan diabetes melitus tipe; *Intervention*: *High-Intensity Interval Training* (HIIT)**;** *Comparison*: *moderate-intensity continuous training* (MICT), latihan lain (*resistance*

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

*training, combined training*), kontrol atau tanpa intervensi**;** dan *Outcome*: kontrol glikemik (HbA1c, glukosa darah puasa), sensitivitas insulin (HOMA-IR, insulin puasa, *glucose disposal rate*)**.**

Kriteria seleksi studi ditetapkan sebelum proses pencarian literatur untuk memastikan relevansi dengan tujuan penelitian. Studi yang dimasukkan adalah penelitian empiris yang secara langsung mengevaluasi pengaruh HIIT terhadap kontrol glikemik dan/atau sensitivitas insulin pada pasien DMT2. Kriteria inklusi artikel yang dicantumkan yaitu, Penelitian empiris (RCT/intervensi), topik tentang HIIT pada DMT2 terkait HbA1c/sensitivitas insulin, populasi dewasa dengan DMT2, intervensi HIIT (tunggal/kombinasi), luaran berupa HbA1c, glukosa, sensitivitas insulin (HOMA-IR/clamp), diterbitkan 2020-2025, dan berbahasa inggris. Sementara kriteria eksklusinya meliput: studi review, editorial, komentar, tidak terkait HIIT atau luaran metabolic, non-DMT2 atau hewan, tanpa HIIT, tidak melaporkan luaran glikemik, diterbitkan <2020, dan non-Bahasa Inggris.

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada beberapa basis data elektronik, yaitu PubMed, Scopus, dan Google Scholar. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci dan operator Boolean untuk memperluas sekaligus memfokuskan hasil pencarian. Kata kunci utama yang digunakan meliputi: “high-intensity interval training” OR “HIIT”, “type 2 diabetes mellitus” OR “T2DM”, “HbA1c”. Kata kunci tersebut dikombinasikan dengan operator AND dan OR. Pencarian dibatasi pada publikasi tahun 2020–2025 dan artikel berbahasa Inggris. Selain itu, penelusuran manual pada daftar referensi artikel terpilih juga dilakukan untuk mengidentifikasi studi relevan tambahan yang mungkin tidak terjangkau melalui pencarian awal.

Seluruh artikel yang diperoleh dari proses pencarian diekspor dan dilakukan penghapusan duplikasi. Selanjutnya, dilakukan skrining judul dan abstrak untuk menilai kesesuaian dengan kriteria inklusi. Artikel yang lolos tahap ini kemudian dianalisis secara full-text untuk memastikan relevansi dan kelayakan metodologis. Proses seleksi dilakukan secara bertahap dan sistematis sesuai alur PRISMA hingga diperoleh studi akhir yang digunakan dalam analisis. Studi yang tidak memenuhi kriteria akan dieliminasi pada setiap tahap seleksi.

Data dari studi yang memenuhi kriteria inklusi diekstraksi secara sistematis menggunakan format tabel untuk memudahkan analisis komparatif. Informasi yang dikumpulkan meliputi: nama penulis dan tahun publikasi, tujuan penelitian, desain dan metode studi, karakteristik intervensi HIIT (durasi, frekuensi, intensitas), hasil utama terkait HbA1c dan sensitivitas insulin. Hasil ekstraksi kemudian disusun dalam tabel untuk mendukung sintesis deskriptif terhadap temuan penelitian.

Kualitas metodologis studi yang dianalisis menggunakan Joanna Briggs Institute (JBI) *Critical Appraisal Checklist* sesuai dengan jenis desain penelitian. Penilaian dilakukan terhadap beberapa aspek penting, seperti validitas desain, metode pengumpulan data, potensi bias, serta kejelasan pelaporan hasil. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa hanya studi dengan kualitas metodologis yang memadai yang digunakan dalam sintesis akhir, sehingga meningkatkan keandalan kesimpulan yang dihasilkan.

Pencarian literatur secara sistematis menggunakan kata kunci yang telah ditentukan serta kriteria inklusi dan eksklusi menghasilkan sebanyak 2.423 artikel dari tiga basis data elektronik, yaitu Scopus (n = 222), PubMed (n = 173), dan Google Scholar (n = 2.028). Pada tahap identifikasi awal, sebanyak 2.183 artikel dikeluarkan karena beberapa alasan, yaitu duplikasi (n = 874), tidak dipublikasikan dalam rentang tahun 2020–2025 (n = 822), tidak tersedia teks lengkap (full-text) (n = 34), bukan penelitian asli (n = 452), serta artikel yang telah ditarik (retracted) (n = 1).

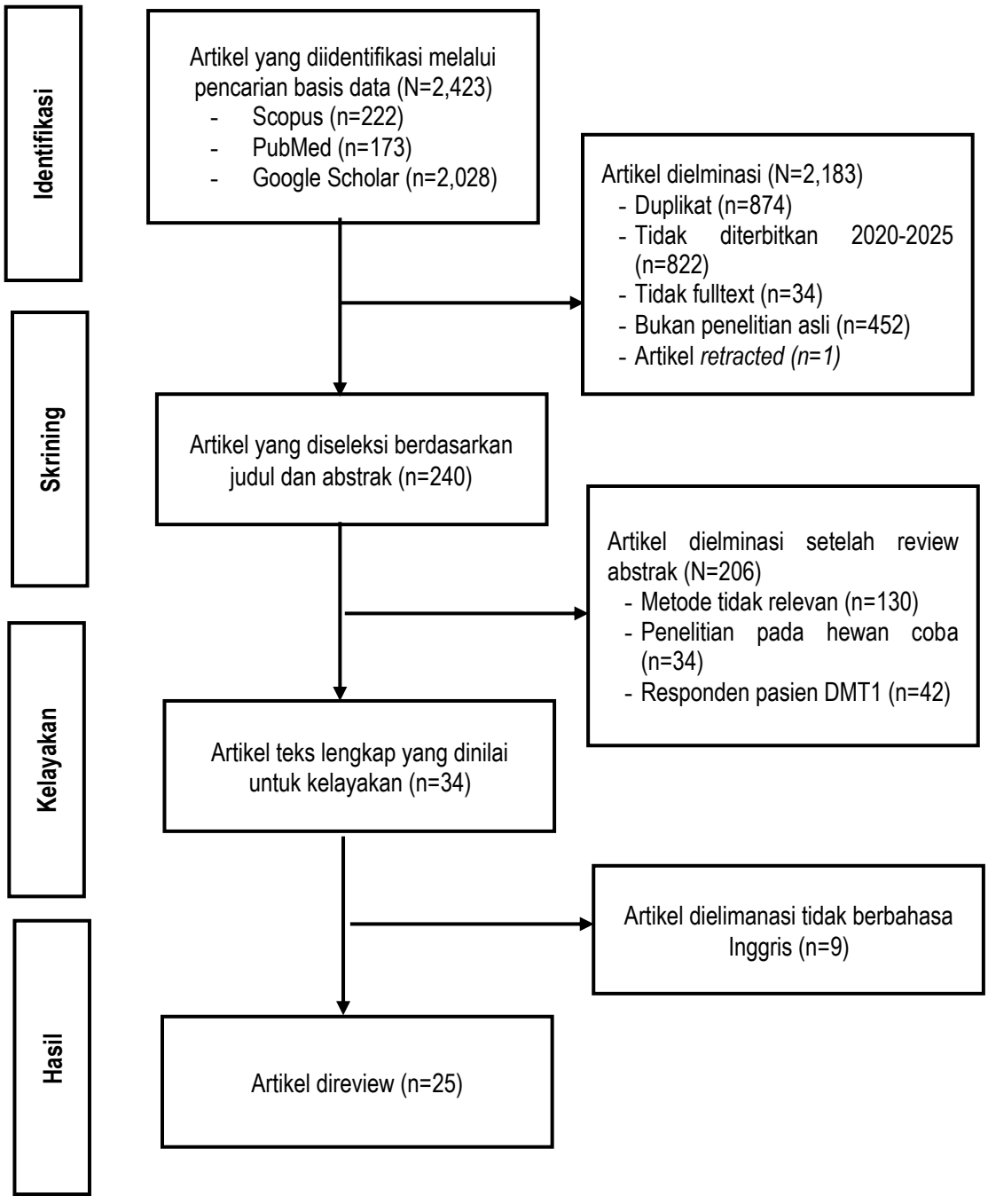
Setelah proses tersebut, tersisa 240 artikel yang kemudian diseleksi berdasarkan judul dan abstrak. Pada tahap penyaringan ini, sebanyak 206 artikel dikeluarkan karena tidak memenuhi kriteria inklusi, dengan rincian metode penelitian yang tidak relevan (n = 130), penelitian pada hewan coba (n = 34), serta responden bukan pasien diabetes melitus tipe 2 (DMT1) (n = 42). Selanjutnya, sebanyak 34 artikel teks lengkap dinilai untuk kelayakan. Berdasarkan hasil evaluasi teks lengkap, seluruh artikel yang memenuhi kriteria inklusi dimasukkan dalam analisis, sehingga diperoleh 25 studi yang digunakan dalam systematic literature review ini.

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

## HASIL




**Gambar Diagram Alir PRISMA**

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

**Tabel Hasil Data Telaah Artikel**

| (Penulis)(Negara) | Tujuan | Metode | Hasil |
|---|---|---|---|
| (López-Pedrosa et al., 2024) (Spain) | Mengkaji hubungan T2DM dan skeletal muscle atrophy, mekanisme biokimia, serta manfaat terapi nutrisi dan aktivitas fisik. | RCT; 8 minggu; HIIT 4×4 menit 85–90% HRpeak | HbA1c turun signifikan (−1,89%); tidak berbeda bermakna dengan MICT |
| (Yang et al., 2021) (Korea) | Menilai efek HIIT pada pria obesitas dengan DMT2 | Intervensi 8 minggu; HIIT rowing + cycling 3×/minggu | HbA1c turun (−4 ± 2 mmol/mol; clinically relevant) |
| (Yiğiter et al., 2025) (Turkey) | Membandingkan C-HIIT, C-MICT, dan kontrol pada DMT2 | RCT; 8 minggu; combined HIIT (aerobik + resistance) | HbA1c turun (−0,7% vs kontrol); juga turun pada C-MICT |
| (Sujan et al., 2025) (Norway) | Menilai efek "exercise 5:2" pada DMT2 overweight/obesitas | RCT; 12 minggu; 2 hari HIIT + resistance | HbA1c turun (−0,46%) namun tidak lebih baik dari kontrol |
| (Tecce et al., 2025) (Itali) | Membandingkan HIIT, MICT, dan kontrol (isoenergetic) | RCT; 12 minggu; HIIT 90–30% $VO_2$peak | Tidak ada perbedaan signifikan HbA1c antar kelompok |
| (Magalhães et al., 2021) (Portugal) | Menilai efek jangka panjang HIIT+RT vs MCT+RT | RCT; 1 tahun; kombinasi latihan | Tidak ada perbedaan perubahan HbA1c antar kelompok |
| (Fındıkoğlu et al., 2023) (Turkey) | Membandingkan variasi interval HIIT | RCT; 8 minggu; short vs long interval HIIT | Penurunan signifikan hanya pada long-interval HIIT |
| (Akrimi & Brinkmann, 2022) (Jerman) | Membandingkan HIIT, MICT, dan kontrol | RCT; 12 minggu; 3×/minggu | HbA1c menurun signifikan pada HIIT dan MICT |
| (Sujan et al., 2024) (Norwey) | Menilai efek HIIT terhadap glikemik & biomarker | Intervensi 12 minggu | HbA1c menurun signifikan |

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

| | | | |
|---|---|---|---|
| (Syeda et al., 2023) (United State) | Membandingkan HIIT vs circuit weight training | Uji komparatif; 12 minggu; 85–90% HRmax | HbA1c turun lebih besar pada HIIT (20,77% vs 13,37%) |
| (Mastrototaro & Roden, 2023) (Jerman) | Menilai efek HIIT terhadap sensitivitas insulin pada T2D | Intervensi 8 minggu; HIIT rowing + cycling 3×/minggu; pengukuran clamp | Sensitivitas insulin meningkat signifikan (GDR ↑ ±30–40%) |
| (Niyazi et al., 2024) (Iran) | Menilai efek HIIT terhadap resistensi insulin dan glikemik | Intervensi 12 minggu; HIIT 3×/minggu | HOMA-IR dan insulin puasa membaik |
| (Zadeh et al., 2022) (Iran) | Membandingkan HIIT, MICT, dan kontrol terhadap resistensi insulin | RCT 12 minggu; 3×/minggu | Resistensi insulin membaik pada HIIT dan MICT |
| (Boschetti et al., 2021) (United State) | Menilai efek HIIT terhadap resistensi insulin | RCT 12 minggu; HIIT 85–95% HRmax | HOMA-IR dan parameter insulin membaik |
| (Sousa et al., 2021) (Brazil) | Menilai keberlanjutan efek latihan | RCT; 8 minggu supervised + 10 bulan mandiri | Perbaikan awal, namun tidak bertahan jangka panjang |
| (Piralaiy et al., 2025) (Iran) | Menilai efektivitas low-volume HIIT terhadap HbA1c | RCT; 12 minggu; 10×1 menit (85–95% HRpeak) | Protokol low-volume HIIT 1 menit; fokus pada penurunan HbA1c |
| (Wang et al., 2025) (China) | Membandingkan HIIT dengan interval berbeda (jarak setara) | Intervensi; 8 minggu; 30:30 vs 2:2 | Perbedaan adaptasi otonom antar protokol |
| (Galmes-Panades et al., 2022) (Spain) | Menilai combined HIIT vs MICT jangka pendek & panjang | RCT; 8 minggu + 10 bulan follow-up | HbA1c menurun awal, namun tidak bertahan jangka panjang |
| (Baker et al., 2024) (Australia) | Membandingkan HIIT vs MICT isoenergetik | RCT; 12 minggu; 3×/minggu | Tidak ada perbedaan signifikan HbA1c antar kelompok |

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

| | | | |
|---|---|---|---|
| (Sabouri et al., 2021) (Iran) | Membandingkan efek HIIT, ST, dan kombinasi terhadap status glikemik, inflamasi, dan antioksidan pada DMT2 | RCT; 59 pasien; 12 minggu; 3x/minggu (HIIT, ST, HIIT+ST, kontrol) | HIIT menurunkan HbA1c (7.73→6.82) dan HOMA-IR (3.72→2.74), serta memperbaiki glukosa puasa, insulin, profil lipid, inflamasi, dan antioksidan. |
| (Li et al., 2022) (China) | Membandingkan efektivitas HIIT low-volume vs MICT pada pasien DMT2 | Studi komparatif; 12 minggu; HIIT (8×1 menit 80–95% $VO_2$max) vs MICT | HIIT meningkatkan kontrol glikemik dan $VO_2$max, namun tidak berbeda signifikan pada indikator insulin dibanding MICT. |
| (Al-Rawaf et al., 2023) (Saudi Arabia) | Menilai efek HIIT terhadap kontrol glikemik & sensitivitas insulin pada DMT2 | Intervensi HIIT 12 minggu, 3x/minggu (4×4 menit 80–85% HRmax); n=30 DMT2 | HbA1c: 7,4 → 5,2% (p<0,001); Glukosa puasa: 165,2 → 128,6 mg/dL (p<0,001); HOMA-IR: 12,9 → 5,9 (p<0,001) |
| (Chen et al., 2025) (China) | Membandingkan HIIT vs MICT pada metabolisme glukosa & fungsi kardiorespirasi | RCT, n=71; HIIT: 10×1 menit (75–90% HRpeak), 12 minggu, 3x/minggu vs MICT | FBG turun: 6,32→5,85 mmol/L (p<0,001); 2h glukosa: 8,16→7,29 (p<0,001); HbA1c: perubahan kecil tapi signifikan (p<0,001); tidak beda signifikan vs MICT (p>0,05) |
| (Yu et al., 2023) (China) | Bandingkan HIIT vs MICT vs aktivitas standar | RCT (lansia T2DM) | HIIT → ↓ HbA1c & glukosa; perbaikan kardiovaskular & fungsi kognitif; beberapa parameter insulin tidak berbeda signifikan vs MICT |
| (Amin & Ahmad, 2024) (Pakistan) | Evaluasi latihan kombinasi pada T2DM + PAD | RCT/intervensi latihan | Latihan kombinasi → ↓ HbA1c, ↓ glukosa puasa, ↑ fungsi vaskular (endotel), ↑ kapasitas aerobik; efek lebih kuat pada kombinasi dibanding single modality |

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

## PEMBAHASAN

Kontrol glikemik pada diabetes melitus tipe 2 umumnya dinilai menggunakan HbA1c karena parameter ini merefleksikan rerata kadar glukosa darah dalam jangka waktu beberapa bulan serta berkaitan erat dengan risiko komplikasi jangka panjang (Niyazi, Yasrebi, Yazdanian, & Mohammad Rahimi, 2024). Oleh karena itu, perubahan kadar HbA1c sebelum dan sesudah intervensi menjadi indikator utama dalam mengevaluasi efektivitas latihan, termasuk High-Intensity Interval Training (HIIT), pada pasien DMT2.

Berdasarkan berbagai studi intervensi, HIIT secara umum menunjukkan kemampuan dalam menurunkan kadar HbA1c, meskipun besar penurunannya bervariasi. Penurunan yang cukup besar dilaporkan pada studi wanita DMT2 dengan HbA1c awal tinggi, yaitu dari 8,34% menjadi 6,45% setelah 8 minggu HIIT (Lopez-Pedrosa, Camprubi-Robles, Guzman-Rolo, Lopez-Gonzalez, Garcia-Almeida, Sanz-Paris, & Rueda, 2024). Studi lain juga menunjukkan penurunan yang bermakna secara klinis, seperti penurunan sekitar 4 mmol/mol pada intervensi 8 minggu serta penurunan sebesar −0,7% dibanding kontrol pada protokol combined HIIT ((Yang, Koh, Sung, & Kang, 2021; Yiğiter, Akçınar, Yasul, Çınar, Akbulut, & Migliaccio, 2025). Namun, tidak semua penelitian menunjukkan hasil yang konsisten; beberapa studi melaporkan penurunan yang relatif kecil atau tidak berbeda signifikan dengan kelompok kontrol, seperti pada intervensi 12 minggu dengan penurunan −0.46% yang tidak lebih unggul dibanding edukasi gaya hidup (Sujan, Skarstad, Rosvold, Fougner, Follestad, Salvesen, & Moholdt, 2025). Bahkan, pada studi dengan desain isoenergetic, HIIT tidak menunjukkan perbedaan bermakna dibandingkan MICT maupun kontrol dalam perubahan HbA1c (Tecce, Proganò, Menafra, Docimo, Zarrilli, Scairati, & Colao, 2025).

Perbandingan antar penelitian menunjukkan bahwa efektivitas HIIT terhadap kontrol glikemik tidak selalu lebih unggul dibandingkan metode latihan lain. Beberapa uji klinis melaporkan bahwa HIIT dan MICT sama-sama mampu menurunkan HbA1c tanpa perbedaan yang signifikan antar kelompok (Akrimi & Brinkmann, 2022; López-Pedrosa et al., 2024). Selain itu, variasi protokol latihan seperti durasi intervensi, intensitas, serta struktur interval turut memengaruhi hasil. Misalnya, penurunan HbA1c yang lebih jelas dilaporkan pada protokol long-interval dibanding short-interval HIIT (Findikoglu, Altinkapak, & Yaylali, 2023). Faktor lain seperti nilai HbA1c awal yang tinggi, kepatuhan terhadap program latihan, serta interaksi dengan terapi lain juga berkontribusi terhadap variasi respons antar studi (Karim, Jailani, Shauri, & Thamrin, 2023).

Hal ini menunjukkan bahwa HIIT merupakan intervensi yang efektif dalam menurunkan HbA1c pada pasien DMT2, terutama dalam jangka pendek dan pada individu dengan kontrol glikemik awal yang buruk. Namun, efektivitas tersebut tidak selalu menunjukkan keunggulan dibandingkan latihan konvensional seperti MICT, terutama ketika dosis latihan disetarakan atau pada intervensi jangka panjang. Oleh karena itu, HIIT lebih tepat dipahami sebagai alternatif strategi latihan yang efisien dan valid dalam pengendalian glukosa darah, dengan keberhasilan yang sangat dipengaruhi oleh desain program latihan serta keberlanjutan implementasinya.

Pada diabetes melitus tipe 2, resistensi insulin merupakan salah satu gangguan utama yang berperan dalam memburuknya kontrol metabolik. Kondisi ini tidak hanya berkaitan dengan gangguan pensinyalan insulin, tetapi juga melibatkan disfungsi jaringan adiposa, lipotoksisitas, glukotoksisitas, stres oksidatif, dan inflamasi derajat rendah yang pada akhirnya meningkatkan risiko komplikasi kardiovaskular, ginjal, dan hepatik Al-Rawaf, Gabr, Iqbal, & Alghadir, 2023; Mastrototaro & Roden, 2023). Oleh karena itu, intervensi yang mampu meningkatkan sensitivitas insulin menjadi bagian penting dalam tata laksana DMT2. Dalam konteks ini, HIIT dipandang sebagai bentuk latihan yang menjanjikan karena bersifat lebih efisien dari sisi waktu, namun tetap mampu menghasilkan adaptasi metabolik yang bermakna (Boschetti, Martucci, Evangelista, & Azevedo-Martins, 2021).

Sejumlah studi menunjukkan bahwa setelah intervensi HIIT selama 8–12 minggu, terjadi perbaikan sensitivitas insulin yang ditunjukkan baik melalui pengukuran langsung maupun surrogate markers. Pada studi yang menggunakan hyperinsulinemic–euglycemic clamp, HIIT selama 8 minggu meningkatkan glucose disposal rate sekitar 30–40%, yang mengindikasikan peningkatan sensitivitas

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

insulin secara nyata (Findikoglu et al., 2023). Temuan serupa juga terlihat pada penelitian yang menggunakan HOMA-IR, insulin puasa, dan glukosa puasa, di mana HIIT dilaporkan memperbaiki HbA1c, insulin puasa, dan indeks resistensi insulin setelah intervensi 12 minggu (Davoodi, Hesamabadi, Ariabood, Izadi, Ghardashi-Afousi, Bigi, & Gaeini, 2022; Li, Cheng, & Ma, 2022; Remchak, Piersol, Bhatti, Spaeth, Buckman, & Malin, 2021).

Meskipun demikian, besar perbaikan sensitivitas insulin setelah HIIT tidak selalu seragam antar penelitian. Pada beberapa studi komparatif, HIIT dan moderate-intensity continuous training (MICT) sama-sama memperbaiki parameter glikemik dan resistensi insulin, tetapi tanpa perbedaan yang bermakna antar kelompok (Davoodi et al., 2022). Bahkan, pada desain isoenergetic yang menyetarakan pengeluaran energi antara HIIT dan MICT, tidak ditemukan perbedaan signifikan pada HbA1c, glukosa, maupun resistensi insulin, walaupun kapasitas aerobik meningkat (Zhong, Zeng, Yi, Yang, Hu, Yin, & Chen, 2025). Hal ini menunjukkan bahwa HIIT memang dapat meningkatkan sensitivitas insulin pada sebagian pasien DMT2, tetapi tidak selalu lebih unggul dibandingkan latihan kontinu intensitas sedang. Perbedaan hasil ini kemungkinan dipengaruhi oleh heterogenitas respons latihan, termasuk variasi durasi, intensitas, volume latihan, karakteristik metabolik peserta, interaksi obat–latihan, serta kepatuhan terhadap program latihan (Sousa, Improta-Caria, & Souza, 2021). Selain itu, manfaat metabolik latihan juga sangat dipengaruhi oleh keberlanjutan intervensi; ketika latihan tidak dipertahankan, efek terhadap parameter glikemik dan resistensi insulin cenderung menurun kembali mendekati kondisi awal (Boschetti et al., 2021; Mastrototaro & Roden, 2021; Piotrowska et al., 2023).

Peran HIIT dalam menurunkan resistensi insulin dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme yang saling berkaitan. Pada tingkat otot rangka, HIIT meningkatkan pengambilan glukosa melalui jalur yang dipicu kontraksi otot dan tidak sepenuhnya bergantung pada insulin, sehingga membantu memperbaiki disposisi glukosa meskipun terdapat resistensi insulin (Mastrototaro & Roden, 2023). Selain itu, HIIT juga mendorong metabolic remodeling melalui peningkatan kapasitas oksidatif dan fungsi mitokondria, yang disertai penurunan stres oksidatif serta perbaikan lingkungan redoks seluler; perubahan ini diketahui berkaitan dengan penurunan HOMA-IR dan insulin puasa pada pasien DMT2 (Mastrototaro & Roden, 2021; Remchak et al., 2021; Sabouri, Hatami, Pournemati, & Shabkhiz, 2021). Pada level jaringan yang lebih luas, HIIT juga diduga memperbaiki resistensi insulin melalui penurunan inflamasi jaringan adiposa, perbaikan metabolisme lipid, serta peningkatan pensinyalan insulin di hati dan jaringan perifer (Al-Rawaf et al., 2023; Chen, Wu, Zheng, Ni, Zhuang, Chen, & Yin, 2025; Mastrototaro & Roden, 2023). Dengan demikian, HIIT dapat dipahami sebagai intervensi yang berpotensi menurunkan resistensi insulin melalui mekanisme multi-level, meskipun efektivitasnya tetap dipengaruhi oleh dosis latihan, kondisi awal pasien, dan keberlanjutan pelaksanaannya.

Variasi protokol HIIT pada pasien diabetes melitus tipe 2 umumnya terlihat pada durasi program, frekuensi latihan, intensitas kerja, dan struktur interval kerja–pemulihan. Sebagian besar studi menggunakan intervensi terstruktur selama 8–12 minggu dengan frekuensi 2–3 sesi per minggu (Galmes-Panades, Bennasar-Veny, Oliver, Garcia-Coll, Chaplin, Fresneda, & Yanez, 2022; Piralaiy, Rashidpour, & Ismael, 2025). Pada program 8 minggu, beberapa penelitian menerapkan frekuensi 2 sesi per minggu, baik pada protokol interval berbasis ergometer maupun low-volume aerobic training (Magalhães, Hetherington-Rauth, Júdice, Correia, Rosa, Henriques-Neto, & Sardinha, 2021; Wang, Laher, & Li, 2025).

Sementara itu, studi 12 minggu lebih sering menggunakan 3 sesi per minggu dengan intensitas tinggi berbasis heart rate atau $VO_2$peak (Piralaiy et al., 2025; Seidu, Khunti, Yates, Almaqhawi, Davies, & Sargeant, 2021). Menariknya, pada RCT yang membandingkan combined HIIT (C-HIIT) dan combined MICT (C-MICT), volume latihan mingguan pada C-HIIT hanya 78 menit per minggu, jauh lebih rendah dibanding C-MICT 210 menit per minggu, tetapi keduanya tetap mampu menurunkan HbA1c dibanding kelompok kontrol pada fase intervensi terawasi 8 minggu (Galmes-Panades et al., 2022). Namun, manfaat ini tidak selalu bertahan dalam jangka panjang; setelah fase latihan mandiri, kepatuhan yang rendah menyebabkan sebagian besar luaran metabolik kembali mendekati baseline

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

pada bulan ke-12 (Galmes-Panades et al., 2022; Yu, Zhu, He, Gao, Chen, Wu, & Yan, 2023).

Selain durasi dan frekuensi, perbedaan intensitas dan struktur interval juga menjadi komponen penting dalam desain protokol HIIT. Intensitas kerja dalam studi DMT2 umumnya ditetapkan pada kisaran 85–95% HRmax/HRpeak, 100% $VO_2$peak, atau 100% v$VO_2$max (Piralaiy et al., 2025; Seidu et al., 2021; Wang et al., 2025). Struktur interval yang digunakan juga sangat beragam, misalnya long-interval 5×2 menit pada 100% v$VO_2$max dengan 2 menit pemulihan pasif, short-interval 20×30 detik pada 100% v$VO_2$max dengan 30 detik pemulihan, protokol 10×1 menit pada 85–95% HRpeak dengan 1 menit pemulihan aktif, hingga protokol klasik 4×4 menit pada 90–95% HRmax (Magalhães et al., 2021; Piralaiy et al., 2025; Seidu et al., 2021). Perbedaan struktur ini ternyata bukan sekadar variasi teknis, tetapi dapat menghasilkan respons fisiologis yang berbeda. Pada studi 8 minggu dengan jarak latihan yang disetarakan, protokol 30:30 dan 2:2 sama-sama meningkatkan kapasitas aerobik, tetapi menunjukkan perbedaan pada beberapa parameter otonom dan heart rate kinetics (Wang et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa struktur interval dapat memodulasi adaptasi tubuh meskipun total beban latihan tampak serupa.

Secara metabolik, variasi protokol HIIT memberikan hasil yang cenderung positif, tetapi tidak selalu konsisten. Pada beberapa studi, HIIT terbukti menurunkan HbA1c dan glukosa puasa, bahkan dalam format low-volume. C-HIIT 78 menit per minggu dan C-MICT 210 menit per minggu sama-sama menurunkan HbA1c dibanding kontrol setelah 8 minggu (Galmes-Panades et al., 2022). Studi lain menunjukkan bahwa long-interval HIIT lebih jelas menurunkan HbA1c dan trigliserida dibanding protokol aerobik lain dalam analisis within-group (Magalhães et al., 2021). Pada level akut, satu sesi HIIE dengan format 2:2 maupun 30:30 pada 100% v$VO_2$peak juga mampu menurunkan glukosa kapiler dan tekanan darah sistolik, sedangkan latihan kontinu moderat berdurasi sama tidak menunjukkan perubahan bermakna (Amin et al., 2024). Meski demikian, ketika HIIT dibandingkan langsung dengan MICT dalam desain isoenergetic, beberapa penelitian tidak menemukan perbedaan signifikan pada HbA1c, resistensi insulin, atau marker kardiometabolik lainnya, walaupun $VO_2$peak tetap meningkat pada kedua kelompok latihan (Baker, Hocking, Wang, Gerofi, Colagiuri, Sabag, & Twigg, 2024). Dengan demikian, variasi protokol HIIT pada DMT2 menunjukkan bahwa hasil metabolik dipengaruhi oleh kombinasi durasi program, frekuensi, intensitas, struktur interval, dan keberlanjutan latihan. Artinya, HIIT dapat menjadi strategi yang efektif dan efisien, tetapi keberhasilannya sangat bergantung pada bagaimana protokol tersebut dirancang dan dijalankan pada pasien DMT2.

## SIMPULAN

*High-Intensity Interval Training* (HIIT) efektif dalam meningkatkan kontrol glikemik yang ditunjukkan melalui penurunan kadar HbA1c serta meningkatkan sensitivitas insulin pada pasien diabetes melitus tipe 2. Meskipun demikian, besarnya efek yang dihasilkan bervariasi antar penelitian dan tidak selalu menunjukkan keunggulan dibandingkan metode latihan lain, yang dipengaruhi oleh perbedaan protokol intervensi dan karakteristik subjek. Dengan demikian, HIIT dapat menjadi alternatif intervensi latihan yang efektif dalam pengelolaan DMT2, terutama apabila dirancang dengan protokol yang tepat dan dilakukan secara konsisten untuk mencapai manfaat metabolik yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, R., Agustini, L., Millenia, M. S., & Susanto, H. (2023). Clinical Profile of Diabetic Papillopathy Patients at a Tertiary Care Hospital in Indonesia. *Journal of Endocrinology, Tropical Medicine, and Infectious Disease (JETROMI)*, *5*(3), 145-152.

Akrimi, S., & Brinkmann, C. (2022). Combining Exercise and Carbohydrate Restriction in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus—A Critical Look at Possible Intervention Effects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(23), 16251.

Al-Rawaf, H. A., Gabr, S. A., Iqbal, A., & Alghadir, A. H. (2023). High-intensity interval training improves glycemic control, cellular apoptosis, and oxidative stress of type 2 diabetic patients. *Medicina*, *59*(7), 1320.

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[2]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

Amin, U., & Ahmad, T. (2024). Effects of concurrent training on glycemic and vascular parameters among patients with T2DM-associated Peripheral Artery Disease. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, *40*(8), 1613.

Aschner, P., Karuranga, S., James, S., Simmons, D., Basit, A., Shaw, J. E., & Saeedi, P. (2021). The International Diabetes Federation's guide for diabetes epidemiological studies. *Diabetes research and clinical practice*, *172*.

Baker, C., Hocking, S. L., Wang, X., Gerofi, J., Colagiuri, S., Sabag, A., & Twigg, S. M. (2024). Effect of low-volume exercise on hepatic steatosis in adults with obesity plus normal glucose, prediabetes or type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, *10*(4).

Boschetti, D., Martucci, L. F., Evangelista, F. S., & Azevedo-Martins, A. K. (2021). Benefits of Physical Exercise on Risk Factors That Connect Type 2 Diabetes Mellitus and Cardiovascular Disease: Are There Differences Between Women and Men. *Arc Phys Heal Sport Med*, *4*(1), 20-8.

Chen, X., Wu, L., Zheng, Y., Ni, X., Zhuang, X., Chen, L., & Yin, L. (2025). Effective of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on body composition, glycolipid metabolism, and cardiopulmonary function in patients with pre-diabetes: a randomized controlled trial. *Frontiers in Endocrinology*, *16*, 1614149.

Confederat, L. G., Condurache, M. I., Alexa, R. E., & Dragostin, O. M. (2023). Particularities of urinary tract infections in diabetic patients: a concise review. *Medicina*, *59*(10), 1747.

Davoodi, M., Hesamabadi, B. K., Ariabood, E., Izadi, M. R., Ghardashi-Afousi, A., Bigi, M. A. B., ... & Gaeini, A. A. (2022). Improved blood pressure and flow-mediated dilatation via increased plasma adropin and nitrate/nitrite induced by high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Experimental physiology*, *107*(8), 813-824.

Findikoglu, G., Altinkapak, A., & Yaylali, G. F. (2023). Is isoenergetic high-intensity interval exercise superior to moderate-intensity continuous exercise for cardiometabolic risk factors in individuals with type 2 diabetes mellitus? A single-blinded randomized controlled study. *European Journal of Sport Science*, *23*(10), 2086-2097.

Galmes-Panades, A. M., Bennasar-Veny, M., Oliver, P., Garcia-Coll, N., Chaplin, A., Fresneda, S., & Yanez, A. M. (2022). Efficacy of different modalities and frequencies of physical exercise on glucose control in people with prediabetes (GLYCEX randomised trial). *Metabolites*, *12*(12), 1286.

Haslwanter, V., Rochau, U., Siebert, U., Schönherr, H. R., & Oberaigner, W. (2023). A population-based cohort of adult patients with diabetes mellitus in a Western District of Austria: The Diabetes Landeck cohort. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism*, *6*(2), e395.

Hossain, M. J., Al-Mamun, M., & Islam, M. R. (2024). Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused. *Health science reports*, *7*(3), e2004.

Karim, M. Z. A., Jailani, R., Shauri, R. L. A., & Thamrin, N. M. (2023). IoT framework of telerehabilitation system with wearable sensors for diabetes mellitus patients. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJEECS)*, *31*(2), 1023-1031.

Li, J., Cheng, W., & Ma, H. (2022). A comparative study of health efficacy indicators in subjects with T2DM applying power cycling to 12 weeks of low-volume high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training. *Journal of Diabetes Research*, *2022*(1), 9273830.

Lopez-Pedrosa, J. M., Camprubi-Robles, M., Guzman-Rolo, G., Lopez-Gonzalez, A., Garcia-Almeida, J. M., Sanz-Paris, A., & Rueda, R. (2024). The vicious cycle of type 2 diabetes mellitus and skeletal muscle atrophy: clinical, biochemical, and nutritional bases. *Nutrients*, *16*(1), 172.

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[2]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

Magalhães, J. P., Hetherington-Rauth, M., Júdice, P. B., Correia, I. R., Rosa, G. B., Henriques-Neto, D., & Sardinha, L. B. (2021). Interindividual variability in fat mass response to a 1-year randomized controlled trial with different exercise intensities in type 2 diabetes: implications on glycemic control and vascular function. *Frontiers in physiology*, *12*, 698971.

Mastrototaro, L., & Roden, M. (2024). The effects of extracellular vesicles and their cargo on metabolism and its adaptation to physical exercise in insulin resistance and type 2 diabetes. *Proteomics*, *24*(11), 2300078.

Niyazi, A., Yasrebi, S. M. A., Yazdanian, M., & Mohammad Rahimi, G. R. (2024). High-intensity interval versus moderate-intensity continuous exercise training on glycemic control, beta cell function, and aerobic fitness in women with type 2 diabetes. *Biological Research For Nursing*, *26*(3), 449-459.

Piralaiy, E., Rashidpour, A., & Ismael, B. R. (2025). Differential Effects of Aerobic, Resistance, and Combined Trainings on First-and Second-Phase Insulin Secretion and Glucose Effectiveness in Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Diabetes Research*, *2025*(1), 9922344.

Remchak, M. M. E., Piersol, K. L., Bhatti, S., Spaeth, A. M., Buckman, J. F., & Malin, S. K. (2021). Considerations for maximizing the exercise “drug” to combat insulin resistance: role of nutrition, sleep, and alcohol. *Nutrients*, *13*(5), 1708.

Sabouri, M., Hatami, E., Pournemati, P., & Shabkhiz, F. (2021). Inflammatory, antioxidant and glycemic status to different mode of high-intensity training in type 2 diabetes mellitus. *Molecular Biology Reports*, *48*(6), 5291-5304.

Seidu, S., Khunti, K., Yates, T., Almaqhawi, A., Davies, M. J., & Sargeant, J. (2021). The importance of physical activity in management of type 2 diabetes and COVID-19. *Therapeutic Advances in Endocrinology and Metabolism*, *12*, 20420188211054686.

Sousa, R. A. L. D., Improta-Caria, A. C., & Souza, B. S. D. F. (2021). Exercise–linked irisin: Consequences on mental and cardiovascular health in type 2 diabetes. *International journal of molecular sciences*, *22*(4), 2199.

Sujan, M. A. J., Skarstad, H. M. S., Rosvold, G., Fougner, S. L., Follestad, T., Salvesen, K. Å., & Moholdt, T. (2024). Time-restricted eating and exercise training before and during pregnancy for people with increased risk of gestational diabetes: the BEFORE THE BEGINNING randomised controlled trial. *medRxiv*, 2024-11.

Sujan, M. J., Skarstad, H. M., Rosvold, G., Fougner, S. L., Follestad, T., Salvesen, K. Å., & Moholdt, T. (2025). Time restricted eating and exercise training before and during pregnancy for people with increased risk of gestational diabetes: single centre randomised controlled trial (BEFORE THE BEGINNING). *bmj*, *390*.

Syeda, U. A., Battillo, D., Visaria, A., & Malin, S. K. (2023). The importance of exercise for glycemic control in type 2 diabetes. *American Journal of Medicine Open*, *9*, 100031.

Tecce, N., Proganò, M., Menafra, D., Docimo, A., Zarrilli, S., Scairati, R., & Colao, A. (2025). Integrated strategies for type 2 diabetes prevention: The role of diet and exercise. *AIMS Public Health*, *12*(2), 418.

Tönnies, T., Rathmann, W., Hoyer, A., Brinks, R., & Kuss, O. (2021). Quantifying the underestimation of projected global diabetes prevalence by the International Diabetes Federation (IDF) Diabetes Atlas. *BMJ open diabetes research & care*, *9*(1).

Wang, T., Laher, I., & Li, S. (2025). Exercise snacks and physical fitness in sedentary populations. *Sports Medicine and Health Science*, *7*(1), 1-7.

Yang, H. J., Koh, E., Sung, M. K., & Kang, H. (2021). Changes induced by mind–body intervention including epigenetic marks and its effects on diabetes. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(3), 1317.

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935

Yiğiter, N., Akçınar, F., Yasul, Y., Çınar, V., Akbulut, T., & Migliaccio, G. M. (2025). Core exercise as non-pharmacological strategy for improving metabolic health in prediabetic women. *Medicina*, *61*(5), 942.

Yu, P., Zhu, Z., He, J., Gao, B., Chen, Q., Wu, Y., & Yan, Z. (2023). Effects of high-intensity interval training, moderate-intensity continuous training, and guideline-based physical activity on cardiovascular metabolic markers, cognitive and motor function in elderly sedentary patients with type 2 diabetes (HIIT-DM): a protocol for a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *15*, 1211990.

Zadeh, M. A. M., Afrasyabi, S., & Mohamadi, Z. A. (2022). The effects of exercise training induced calories expenditure on type 2 diabetes related cardio metabolic physiological parameters and adipocytokines. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, *21*(2), 1219-1231.

Zee, B., Lee, J., Lai, M., Chee, P., Rafferty, J., Thomas, R., & Owens, D. (2022). Digital solution for detection of undiagnosed diabetes using machine learning-based retinal image analysis. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, *10*(6).

Zhong, C., Zeng, X., Yi, X., Yang, Y., Hu, J., Yin, R., & Chen, X. (2025). The Function of Myostatin in Ameliorating Bone Metabolism Abnormalities in Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus by Exercise. *Current Issues in Molecular Biology*, *47*(3), 158.

**Muhammad Raihan[1]*, Aurora Fervita[2], Muhammad Dihya Aby Abdi Manaf[1]**

[1]Fakultas Kedokteran Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
[2]Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Muhammad Raihan. *Email: mrayhan.mhd@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i5.2935