

## LATHAN FISIK TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH DAN KUALITAS HIDUP PENDERITA DIABETES MELITUS TIPE 2

Geladis Titanik<sup>1</sup>, Andri Setiya Wahyudi<sup>2</sup>, Ika Nur Pratiwi<sup>3</sup>  
Universitas Airlangga<sup>1,2,3</sup>  
titanikgeladis28@gmail.com<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh latihan fisik terhadap kadar glukosa darah dan kualitas hidup pada penderita Diabetes Mellitus Tipe 2. Metode Penelitian ini menggunakan metode *systematic review* dengan mengacu pada panduan PRISMA. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa latihan fisik, terutama kombinasi aerobik dan resistensi, efektif meningkatkan kualitas hidup dan kontrol glikemik pada pasien diabetes tipe 2. Latihan intensitas tinggi dapat meningkatkan kebugaran kardiorespirasi. Kombinasi suplementasi vitamin D dan latihan olahraga memiliki efek sinergis dalam meningkatkan resistensi insulin. Latihan aerobik dan resistensi bersamaan direkomendasikan untuk manajemen diabetes tipe 2, dengan HIIT sebagai pilihan intensitas yang efektif. Simpulan, latihan fisik, terutama kombinasi aerobik dan resistensi, efektif dalam meningkatkan kualitas hidup dan kontrol glikemik pada individu DMT2.

Kata Kunci: Aktivitas Fisik, Diabetes Mellitus Tipe 2, Kadar Glukosa

### ABSTRACT

*This study aims to evaluate the effect of physical exercise on blood glucose levels and quality of life in people with Type 2 Diabetes Mellitus. Methods This research uses a systematic review method referring to PRISMA guidelines. Research shows that physical exercise, especially a combination of aerobic and resistance, effectively improves quality of life and glycemic control in type 2 diabetes patients. High-intensity exercise can improve cardiorespiratory fitness. The combination of vitamin D supplementation and exercise training has a synergistic effect in enhancing insulin resistance. Concomitant aerobic and resistance exercise is recommended for managing type 2 diabetes, with HIIT being an effective intensity option. In conclusion, physical exercise, especially a combination of aerobic and resistance, effectively improves the quality of life and glycemic control in T2DM individuals.*

*Keywords: Physical Activity, Type 2 Diabetes Mellitus, Glucose Levels*

### PENDAHULUAN

Diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) adalah bentuk diabetes umum yang ditandai dengan resistensi insulin, di mana sel-sel dalam tubuh tidak merespons insulin secara efektif, yang menyebabkan kadar gula darah tinggi. DMT2 dapat terjadi akibat kombinasi resistensi insulin dan defisiensi insulin relatif (Mukhtar et al., 2020). Pasien dengan DMT2 sering mengalami gejala seperti sering buang air kecil, rasa haus meningkat, dan nafsu makan meningkat (Chen et al., 2021).

Prevalensi DMT2 diperkirakan akan meningkat secara signifikan di tahun-tahun mendatang, dengan proyeksi peningkatan jumlah individu yang terkena dampak termasuk di Indonesia (Wang et al., 2022). Prevalensi diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) di Indonesia telah menjadi masalah kesehatan yang signifikan. Studi telah menunjukkan tingkat prevalensi yang bervariasi selama bertahun-tahun. Menurut penelitian yang dilakukan di Indonesia, prevalensi DMT2 pada individu berusia di atas 15 tahun dilaporkan sebesar 10,9% (Kartika et al., 2020). Studi lain menyoroti bahwa Indonesia termasuk di antara sepuluh negara teratas dengan prevalensi diabetes yang tinggi, memperkirakan sekitar 10,7 juta kasus pada tahun 2019, diproyeksikan meningkat menjadi 13,7 juta pada tahun 2030 dan 16,6 juta pada tahun 2045 (Soelistijo et al., 2022). Lebih lanjut, data International Diabetes Federation memprediksi peningkatan jumlah penderita DMT2 di Indonesia dari 10,3 juta pada 2017 menjadi 16,7 juta pada 2045 (Linawati et al., 2022).

Diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) dapat menyebabkan berbagai komplikasi makrovaskular dan mikrovaskular yang mempengaruhi berbagai organ dan sistem dalam tubuh. Komplikasi makrovaskular meliputi penyakit kardiovaskular seperti penyakit arteri koroner, penyakit pembuluh darah perifer, dan penyakit serebrovaskular (Fan et al., 2020). Komplikasi kardiovaskular pada pasien DMT2 dapat bermanifestasi sebagai infark miokard dan gagal jantung kongestif, berkontribusi pada risiko kematian yang lebih tinggi (Li et al., 2021). Komplikasi lain yang terkait dengan DMT2 termasuk masalah nonvaskular seperti gastroparesis, perubahan kulit, dan gangguan pendengaran, serta komplikasi vaskular yang dapat dibagi lagi menjadi komplikasi mikrovaskular dan makrovaskular (Rompis et al., 2022). Nefropati diabetik, komplikasi mikrovaskular yang umum, dapat berkembang menjadi gagal ginjal stadium akhir (Liu et al., 2022). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas hidup pada penderita DMT2 adalah dengan melakukan latihan fisik.

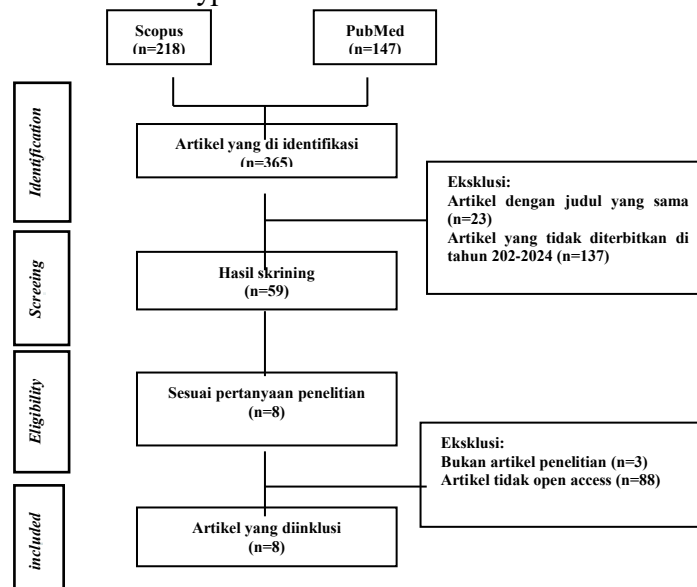
Latihan fisik telah terbukti menjadi salah satu terapi non-farmakologis yang efektif untuk menurunkan kadar glukosa darah dan meningkatkan kualitas hidup pada penderita DMT2. Penelitian telah menunjukkan bahwa aktivitas fisik menawarkan banyak manfaat bagi pasien DMT2, termasuk peningkatan kontrol glikemik, sensitivitas insulin, dan metabolisme glukosa (Rubinowicz-Zasada et al., 2021). Intervensi latihan fisik dianggap sebagai strategi utama untuk mengelola DMT2, menekankan dampak positifnya pada berbagai aspek kesehatan (Acosta-Manzano et al., 2020). Selain itu, latihan fisik dapat menyebabkan peningkatan sensitivitas insulin, pasokan insulin yang lebih efisien ke jaringan, dan pengaturan ekspresi gen metabolik melalui metilasi DNA, yang semuanya menguntungkan bagi pasien DMT2 (Rubinowicz-Zasada et al., 2021).

Meskipun banyak penelitian telah menunjukkan manfaat latihan fisik untuk DMT2, masih terdapat beberapa pertanyaan yang perlu dijawab, seperti: Jenis latihan fisik apa yang paling efektif untuk DMT2? Berapa lama dan seberapa sering latihan fisik harus dilakukan? Apakah latihan fisik aman untuk semua penderita DMT2? Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas latihan fisik terhadap kualitas hidup pada penderita diabetes melitus tipe 2. Penelitian ini akan mengevaluasi efektivitas latihan fisik dalam meningkatkan kualitas hidup penderita DMT2. Selain itu, penelitian ini juga akan mengidentifikasi jenis, intensitas, durasi, dan frekuensi latihan fisik yang paling efektif untuk mencapai tujuan tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah tentang manfaat latihan fisik bagi penderita DMT2 dan membantu dokter dan tenaga kesehatan dalam memberikan rekomendasi latihan fisik yang tepat.

**METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah systematic literature review. Metode ini digunakan untuk mengumpulkan hasil penelitian yang relevan pengaruh latihan fisik terhadap kadar glukosa darah dan kualitas hidup penderita diabetes melitus tipe 2. Instrumen pencarian yang digunakan Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA) atau proses pencarian dan penilaian kelayakan artikel.

Proses pengumpulan data dalam systematic literature review ini diawali dengan pencarian artikel. Peneliti menyaring artikel berdasarkan judul dan abstrak, dan kemudian menilai teks lengkap dari artikel yang berpotensi relevan sehingga menghasilkan 8 artikel yang layak digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya 8 artikel akan menjalani ekstraksi data, di mana informasi yang relevan seperti lokasi penelitian, subyek dan sampel penelitian, instrumen penelitian, desain penelitian, dan hasil penelitian akan diekstraksi dan disintesis. Akhirnya, sintesis naratif akan dilakukan untuk meringkas temuan dan mengidentifikasi pola dan tema di seluruh penelitian. Systematic review merupakan metode penelitian yang dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Systematic review dapat menggabungkan hasil dari beberapa penelitian dan memberikan bukti yang lebih kuat tentang efektivitas latihan fisik untuk pasien diabetes melitus type 2.



Gambar. 1  
Algoritma Pencarian

**HASIL PENELITIAN**

Tabel. 1  
Literatur Review

Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
Holzer, R., Schulte-Körne, B., Seidler, J., Predel, H.-G., & Brinkmann, C. (2021) Effects of Acute Resistance Exercise with and without Whole-Body Electromyostimulation and Endurance Exercise on the Postprandial Glucose Regulation	A Randomized Crossover Study	Latihan efektif dalam menurunkan kadar glukosa postprandial. Efek penurunan glukosa diamati untuk semua jenis latihan yang diselidiki, bahkan pada durasi latihan 20 menit. Meskipun diharapkan bahwa WB-EMS, dengan rekrutmen tinggi serat tipe 2 glikolitik dan kontraksi otot yang meningkat, akan menghasilkan penurunan glukosa postprandial yang lebih besar, namun dalam studi ini tidak

in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Crossover Study		ditemukan perbedaan signifikan dalam respons glukosa postprandial akut antara latihan dengan dan tanpa WB-EMS 8. Selain itu, tidak ada perbedaan AUC yang diamati antara tiga jenis latihan yang dieksplorasi dalam studi ini selama rutinitas harian subjek setelah makan siang.
Mohankumar, J. B., Bhavani, S. V, & Sowmiya. (2021) A Cross-Sectional Study on the Physical Activity of Selected Elderly Diabetics	Cross-sectional	Studi ini mengamati perkembangan gangguan metabolisme dengan usia seperti yang ditunjukkan oleh nilai HbA1c. Selain itu, penelitian ini membandingkan indeks kontrol glikemik antara pria dan wanita, menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam glukosa darah puasa (FBG), glukosa darah postprandial (PPBG), dan kadar HbA1c. Selain itu, penelitian ini menyoroti pentingnya aktivitas fisik yang disesuaikan dan rekomendasi olahraga untuk memenuhi kebutuhan spesifik setiap individu, terutama dalam manajemen dan pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2) di antara individu lanjut usia.
Gentil, P., Silva, L. R. B. e, Antunes, D. E., Carneiro, L. B., Lira, C. A. B. de, Batista, G., Oliveira, J. C. M. de, Cardoso, J. S., Souza, D., & Rebelo, A. C. S. (2023) The Effects of Three Different Low-Volume Aerobic Training Protocols on Cardiometabolic Parameters of Type 2 Diabetes Patients: A Randomized Clinical Trial	A Randomized Clinical Trial	Ketiga protokol pelatihan aerobik (L-HIIT, S-HIIT, dan MICT) menyebabkan perbaikan parameter kardiometabolik pasien dengan diabetes mellitus tipe 2. Secara khusus, penelitian ini menemukan bahwa melakukan 20 menit latihan intensitas tinggi per minggu sudah cukup untuk meningkatkan kebugaran kardiorespirasi dan metabolik pada individu dengan diabetes tipe 2. Selanjutnya, penelitian ini menunjukkan penurunan yang signifikan dalam kadar HbA1c dengan ukuran efek yang besar setelah L-HIIT, menunjukkan bahwa intensitas olahraga memainkan peran penting dalam mengelola diabetes mellitus tipe 2.
Mudjanarko, S. W., Irawati, A., Tinduh, D., & Susanto, T. N. (2023) Effect of Moderate-Intensity Treadmill Exercise on Increased Adiponectin Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Patients	Randomized Test	Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dalam kadar adiponektin dari $456,3 \pm 42$ pg/ml menjadi $586,3 \pm 87,8$ pg/ml ( $p=0,04$ , $p<0,05$ ) pada kelompok latihan treadmill. Sementara itu, pada kelompok kontrol, kadar adiponektin hanya meningkat dari $466,7 \pm 85$ pg/ml menjadi $471,8 \pm 59$ pg/ml ( $p=0,646$ ). Hal ini menunjukkan bahwa latihan treadmill dengan intensitas sedang memberikan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan kadar adiponektin dibandingkan dengan latihan fisik individu standar dalam pengelolaan diabetes mellitus tipe 2
Molsted, S., Jensen, T. M., Larsen, J. S., Olesen, L. B., Milling Eriksen, S. B., Rehling, T., Rasmussen, S., & Aadahl, M. (2022) Changes of Physical Function and Quality of Life in Patients with Type 2 Diabetes After Exercise Training in a Municipality or a Hospital Setting	Quasi Eksperimen	Terdapat peningkatan yang signifikan dalam fungsi fisik pada kedua kelompok, baik di lingkungan munisipalitas maupun di rumah sakit, tanpa perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok. Namun, perubahan positif dalam kualitas hidup lebih menonjol pada kelompok yang menjalani latihan di lingkungan munisipalitas.

Kraiwong, R., Vongsirinavarat, M., Rueankam, M., & Sumalrot, T. (2021). Effects of Physical-Cognitive Training on Physical and Psychological Functions Among Older Adults With Type 2 Diabetes and Balance Impairment: A Randomized Controlled Trial	A Randomized Controlled Trial	Hasil penelitian menunjukkan bahwa program pelatihan fisik-kognitif selama 8 minggu dengan 24 sesi dapat mengurangi faktor risiko jatuh dengan meningkatkan keseimbangan dan kekuatan otot tungkai bawah pada orang dewasa lanjut usia dengan diabetes tipe 2 dan gangguan keseimbangan.
Wang, R., Yang, Q., Sun, T., Qiang, Y., Li, X., Li, H., Tang, Y., Yang, L., Sun, J., & Li, B. (2021). Physical Exercise is Associated with Glycemic Control among Women with Gestational Diabetes Mellitus: Findings from a Prospective Cohort in Shanghai, China	Cohort prospektif	Hasil penelitian menunjukkan bahwa latihan fisik selama kehamilan berhubungan dengan kontrol glikemik yang lebih baik pada wanita dengan diabetes gestasional. Studi ini mengeksplorasi hubungan antara total waktu latihan, persentase glukosa plasma yang abnormal, dan apakah latihan fisik yang lebih lama berhubungan positif dengan persentase glukosa plasma yang abnormal yang lebih rendah pada wanita dengan diabetes gestasional.
Mthembu, S. X. H., Mazibuko-Mbeje, S. E., Ziqubu, K., Nyawo, T. A., Obonye, N., Nyambuya, T. M., Nkambule, B. B., Silvestri, S., Tiano, L., Muller, C. J. F., & Dlodla, P. V. (2022). Impact of physical exercise and caloric restriction in patients with type 2 diabetes: Skeletal muscle insulin resistance and mitochondrial dysfunction as ideal therapeutic targets	Cross- Sectional Survey	Latihan berorientasi pada ketahanan selama 8 bulan pada subjek obesitas meningkatkan aksi insulin, termasuk tingkat konsumsi oksigen puncak VO <sub>2</sub> peak dan konten mitokondria otot. Latihan sepeda selama 60 menit pada peserta yang diberi diet tinggi lemak meningkatkan laju respirasi mitokondria dan kompleks rantai transpor elektron. Latihan terstruktur selama 1 tahun meningkatkan kapasitas produksi ATP otot dan VO <sub>2</sub> peak dengan tren peningkatan kepadatan mitokondria dan aktivitas kompleks

Berdasarkan tabel 1, hasil analisis dari 8 artikel penelitian menunjukkan bahwa artikel melaporkan latihan fisik efektif terhadap penurunan kadar glukosa darah dan kualitas hidup penderita diabetes melitus tipe 2 serta peningkatan kontrol glikemik.

## PEMBAHASAN

### Jenis Latihan Fisik yang Paling Efektif untuk Penderita DMT2

Jenis latihan fisik yang paling efektif untuk individu dengan diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) berdasarkan rekomendasi oleh American Diabetes Association (ADA) untuk individu dengan DMT2 untuk melakukan setidaknya 150 menit latihan aerobik sedang hingga kuat per minggu (Eshete et al., 2023). Program latihan fisik terstruktur dapat meningkatkan kapasitas fungsional pada pasien dengan DMT2 (Pfeifer et al., 2022). Temuan ini menggarisbawahi potensi latihan fisik secara teratur dalam mengelola DMT2 dan komplikasi terkaitnya. Penting untuk dicatat bahwa jenis latihan fisik harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dan status kesehatan individu. Singkatnya, jenis latihan fisik yang paling efektif untuk individu dengan DMT2 tampaknya merupakan program terstruktur yang mencakup latihan aerobik dan resistensi. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi ADA dan didukung oleh bukti yang menunjukkan peningkatan kapasitas fungsional dan komplikasi sistemik. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menjelaskan mekanisme dan hasil spesifik dari berbagai jenis latihan dalam konteks DMT2.

Jenis latihan fisik lain yang paling efektif untuk individu dengan diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) adalah kombinasi dari latihan aerobik dan pelatihan resistensi. Latihan aerobik, seperti jalan cepat, bersepeda, atau berenang, direkomendasikan setidaknya 150 menit per minggu dengan intensitas sedang hingga tinggi untuk meningkatkan kontrol glikemik dan hasil kesehatan secara keseluruhan pada pasien DMT2 (Bariyyah et al., 2021; Holzer et al., 2021). Latihan aerobik membantu mengurangi kadar glukosa darah, meningkatkan sensitivitas insulin, dan meningkatkan kesehatan kardiovaskular (Bariyyah et al., 2021; Holzer et al., 2021).

Selain latihan aerobik, latihan ketahanan sangat penting untuk pasien DMT2. Latihan resistensi, yang mencakup aktivitas seperti latihan beban atau latihan kaki, dapat meningkatkan kekuatan otot, meningkatkan kinerja fisik, dan berkontribusi pada kontrol glikemik yang lebih baik (Bakara & Kurniyati, 2021). Studi Diabetes Aerobic and Resistance Exercise (DARE) menunjukkan bahwa kombinasi latihan aerobik dan resistensi lebih unggul dalam meningkatkan kontrol glikemik dibandingkan dengan kedua jenis olahraga saja (Mohankumar et al., 2021). Selain kualitas fisik, untuk meningkatkan kualitas psikologis individu dengan DMT2 adalah dengan latihan pikiran-tubuh, seperti yoga atau chi memiliki efek positif pada kesehatan mental dan kualitas hidup pada individu dengan penyakit kronis, termasuk diabetes (Kong et al., 2022).

Intensitas, durasi, dan frekuensi latihan fisik yang efektif untuk individu dengan diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) merupakan aspek penting dalam menjaga kondisi individu DMT2. Mengenai intensitas latihan, disarankan bahwa latihan interval intensitas tinggi (HIIT) mungkin lebih efektif daripada latihan aerobik intensitas sedang dalam mengurangi kadar glukosa puasa pada pasien dengan DMT2 (Ma et al., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa rutinitas olahraga yang konsisten mungkin lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas fungsional pada individu dengan DMT2. Kesimpulannya, jenis latihan fisik yang paling efektif untuk individu dengan DMT2 melibatkan pendekatan yang disesuaikan yang mempertimbangkan intensitas, durasi, dan frekuensi latihan.

### **Instrumen**

Intensitas latihan fisik yang paling efektif untuk individu dengan diabetes mellitus tipe 2 (DMT2) adalah latihan aerobik intensitas sedang hingga tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa latihan aerobik teratur minimal 150 menit per minggu pada intensitas sedang hingga tinggi direkomendasikan untuk pengobatan DMT2 (Holzer et al., 2021). Jenis olahraga ini telah terbukti memfasilitasi kontrol glikemik, meningkatkan sensitivitas insulin, dan meningkatkan hasil kesehatan secara keseluruhan pada pasien DMT2 (Holzer et al., 2021). Manfaat *High-Intensity Interval Training* (HIIT) telah terbukti lebih efektif dibandingkan dengan *Medium-Intensity Continuous Training* (MICT) dengan peningkatan yang lebih besar dalam kontrol glikemik, faktor risiko kardiometabolik, dan komposisi tubuh dibandingkan dengan MICT pada individu dengan DMT2 (Gentil et al., 2023). Penelitian juga menunjukkan bahwa HIIT dapat memberikan manfaat yang lebih unggul pada berbagai faktor risiko kardiometabolik dibandingkan dengan MICT, yang mengarah pada saran untuk penggunaan HIIT dalam mengelola DMT2 (Gentil et al., 2023).

Durasi latihan aerobik yang disarankan untuk individu dengan Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2) biasanya setidaknya 150 menit per minggu. Pedoman menyarankan akumulasi mingguan minimal 150 menit latihan aerobik intensitas sedang, dilakukan setidaknya tiga hari per minggu, dengan tidak lebih dari dua hari berturut-turut tanpa latihan (Mudjanarko et al., 2023). Selain itu, American Diabetes Association (ADA) Council on Exercise merekomendasikan bahwa pasien dengan diabetes tipe 2 harus melakukan latihan aerobik setidaknya tiga kali per minggu, dengan setiap sesi berlangsung sekitar 30-45 menit dengan

intensitas sedang (Bariyyah et al., 2021). Hal Ini berarti sekitar 30 menit latihan aerobik pada sebagian besar hari dalam seminggu. Selain itu, sebuah studi tentang latihan olahraga pada pasien dengan DM2 mengungkapkan bahwa sesi latihan yang berlangsung satu jam dua kali seminggu selama 12 minggu memiliki dampak positif pada fungsi fisik dan kualitas hidup (Molsted et al., 2022). Frekuensi optimal latihan fisik untuk individu dengan diabetes mellitus tipe 2 (DM2) bervariasi berdasarkan jenis latihan dan hasil yang diinginkan. Melakukan latihan aerobik dengan berjalan kaki selama 60 menit dengan intensitas sedang lima kali seminggu selama 12 minggu dapat meningkatkan kadar adiponektin pada pasien DM2 (Mudjanarko et al., 2023). Singkatnya, frekuensi efektif latihan fisik untuk individu dengan diabetes mellitus tipe 2 biasanya melibatkan kombinasi latihan aerobik dan resistensi yang dilakukan beberapa kali per minggu.

Selain dapat menjaga kadar gula dalam darah dan meningkatkan kualitas fisik penderita DM2, latihan fisik juga dapat meningkatkan kualitas psikologis dengan meningkatkan kualitas tidur, mengurangi depresi, dan menunda gangguan kognitif pada orang dewasa yang lebih tua dengan DM2 (Zhang et al., 2023). Selain itu, olahraga teratur jangka panjang telah dikaitkan dengan peningkatan fungsi kognitif global pada orang dewasa yang lebih tua dengan DM2 (Cai et al., 2022).

## SIMPULAN

Latihan fisik, terutama kombinasi aerobik dan resistensi, efektif dalam meningkatkan kualitas hidup dan kontrol glikemik pada individu DM2.

## SARAN

Tinjauan ini dapat menjadi referensi tambahan bagi tenaga kesehatan dalam melakukan latihan fisik terhadap kadar glukosa darah dan kualitas hidup penderita diabetes melitus tipe 2. Penting bagi penderita DM2 untuk bekerja sama dengan penyedia layanan kesehatan untuk mengembangkan rencana latihan yang dipersonalisasi yang mempertimbangkan kondisi, preferensi, dan tujuan kesehatan individu untuk memastikan aktivitas fisik yang aman dan efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acosta-Manzano, P., Rodriguez-Ayllon, M., Acosta, F. M., Niederseer, D., & Niebauer, J. (2020). Beyond General Resistance Training. Hypertrophy Versus Muscular Endurance Training as Therapeutic Interventions in Adults with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis. *Obesity Reviews*. <https://doi.org/10.1111/obr.13007>
- Bakara, D. M., & Kurniyati, K. (2021). Effect of Leg Exercise on the Ankle Brachial Index (ABI) of Type 2 Diabetes Mellitus Patients in Rejang Lebong Regional Hospital. *The Malaysian Journal of Nursing*, 13(2), 50-55. <https://doi.org/10.31674/mjn.2021.v13i02.009>
- Bariyyah, Y. K., Sawitri, E., & Bakhtiar, R. (2021). The Effect of Aerobic Exercise on Blood Glucose Level Among Patients With Type-2 Diabetes Mellitus. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 9(2). <https://doi.org/10.30650/jik.v9i2.2256>
- Cai, Y., Wang, Z., Feng, L., & Ni, G. X. (2022). Effect of Exercise on the Cognitive Function of Older Patients With Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 28(16). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.876935>
- Chen, Y., Pan, Y., Kang, S., Lu, J., Tan, X., Liang, Y., Lyu, W., Li, Y., Huang, H., Qin, C., Zhu, Z., Li, S., & Qiu, S. (2021). Identifying Type 2 Diabetic Brains by Investigating Disease-

- Related Structural Changes in Magnetic Resonance Imaging. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 728874. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.728874>
- Eshete, A., Mohammed, S., Shine, S., Eshetie, Y., Assefa, Y., & Tadesse, N. (2023). Effect of Physical Activity Promotion Program on Adherence to Physical Exercise Among Patients With Type II Diabetes in North Shoa Zone Amhara Region: A Quasi-Experimental Study. *BMC Public Health*, 23(1), 709. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15642-7>
- Fan, R., Zhang, N., Yang, L., Ke, J., Zhao, D., & Cui, Q. (2020). AI-Based Prediction for the Risk of Coronary Heart Disease Among Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71321-2>
- Gentil, P., Silva, L. R. B. e, Antunes, D. E., Carneiro, L. B., Lira, C. A. B. de, Batista, G., Oliveira, J. C. M. de, Cardoso, J. S., Souza, D., & Rebelo, A. C. S. (2023). The Effects of Three Different Low-Volume Aerobic Training Protocols on Cardiometabolic Parameters of Type 2 Diabetes Patients: A Randomized Clinical Trial. *Frontiers in Endocrinology*, 23(14), 985404. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.985404>
- Holzer, R., Schulte-Körne, B., Seidler, J., Predel, H. G., & Brinkmann, C. (2021). Effects of Acute Resistance Exercise with and Without Whole-Body Electromyostimulation and Endurance Exercise on the Postprandial Glucose Regulation in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Crossover Study. *Nutrients*, 13(12), 4322. <https://doi.org/10.3390/nu13124322>
- Kartika, R., Purnamasari, D., Pradipta, S., Larasati, R. A., & Wibowo, H. (2020). Impact of Low Interferon- $\gamma$  and IL-10 Levels on TNF- $\alpha$  and IL-6 Production by PHA-Induced PBMCs in Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Inflammation Research*, 13, 187–193. <https://doi.org/10.2147/JIR.S245064>
- Kong, L., Ren, J., Fang, S., He, T., Zhou, X., & Fang, M. (2022). Effects of Traditional Chinese Mind-Body Exercise-Baduanjin for Type 2 Diabetes on Psychological Well-Being: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Public Health*, 10, 923411. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.923411>
- Kraiwong, R., Vongsirinavarat, M., Rueankam, M., & Sumalrot, T. (2021). Effects of Physical-Cognitive Training on Physical and Psychological Functions Among Older Adults with Type 2 Diabetes and Balance Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 17(2), 120-130. <https://doi.org/10.12965/jer.2142106.053>
- Li, X., Sun, B., Wang, L., Zhang, J., Zhang, J., Zhao, Z., Wu, H., Liu, X., Zhou, Y., Mossa-Basha, M., Tirschwell, D. L., Xu, J., Zhao, H., & Zhu, C. (2021). Association of Type 2 Diabetes Mellitus and Glycemic Control With Intracranial Plaque Characteristics in Patients With Acute Ischemic Stroke. *Journal of Magnetic Resonance Imaging: JMRI*, 54(2), 655–666. <https://doi.org/10.1002/jmri.27614>
- Linawati, Y., Kristin, E., Prabandari, Y. S., & Kristina, S. A. (2022). Exploring the Experiences and Needs of Patients with Type 2 Diabetes Mellitus in Sleman Regency, Yogyakarta, Indonesia: Protocol for a Qualitative Study. *Jmir Research Protocols*, 11(9), e37528. <https://doi.org/10.2196/37528>
- Liu, H., Feng, J., & Tang, L. (2022). Perubahan Struktural Ginjal Dini dan Biomarker Potensial pada Nefropati Diabetik. *Fisiol Depan*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1020443>
- Ma, Y., Liu, H., Wang, Y., Xuan, J., Gao, X., Ding, H., Ma, C., Chen, Y., & Yang, Y. (2022). Roles of Physical Exercise-Induced MiR-126 in Cardiovascular Health of Type 2 Diabetes. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 14(1), 169. <https://doi.org/10.1186/s13098-022-00942-6>



- Mohankumar, J. B., Bhavani, S. V., & Sowmiya, S. (2021). A Cross-Sectional Study on the Physical Activity of Selected Elderly Diabetics. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2021.6.1.0037>
- Molsted, S., Jensen, T. M., Larsen, J. S., Olesen, L. B., Milling Eriksen, S. B., Rehling, T., Rasmussen, S., & Aadahl, M. (2022). Changes of Physical Function and Quality of Life in Patients With Type 2 Diabetes After Exercise Training in a Municipality or a Hospital Setting. *Journal of Diabetes Research*, *17*, 575189. <https://doi.org/10.1155/2022/5751891>
- Mthembu, S. X. H., Mazibuko-Mbeje, S. E., Ziqubu, K., Nyawo, T. A., Obonye, N., Nyambuya, T. M., Nkambule, B. B., Silvestri, S., Tiano, L., Muller, C. J. F., & Dlodla, P. V. (2022). Impact of Physical Exercise and Caloric Restriction in Patients with Type 2 Diabetes: Skeletal Muscle Insulin Resistance and Mitochondrial Dysfunction As Ideal Therapeutic Targets. *Life Sciences*, *297*, 120467. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2022.120467>
- Mudjanarko, S. W., Irawati, A., Tinduh, D., & Susanto, T. N. (2023). Effect of Moderate-Intensity Treadmill Exercise on Increased Adiponectin Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Patients. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202329022022\\_0144i](https://doi.org/10.1590/1517-8692202329022022_0144i)
- Mukhtar, Y., Galalain, A. M., & Yunusa, U. M. (2020). A Modern Overview on Diabetes Mellitus: A Chronic Endocrine Disorder. *European Journal of Biology*, *5*(2), 1-14. <https://doi.org/10.47672/ejb.409>
- Pfeifer, L. O., Nardi, A. T. De, da Silva, L. X. N., Botton, C. E., do Nascimento, D. M., Teodoro, J. L., Schaan, B. D., & Umpierre, D. (2022). Association between Physical Exercise Interventions Participation and Functional Capacity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine - Open*, *8*(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00422-1>
- Rompis, A. Y., Gorintha, A. W., & Nurmi, N. (2022). Endothelial Nitric Oxide Synthase (eNOS) as a Therapeutic Target in Type 2 Diabetes Mellitus and Its Vascular Complications: A Narrative Review. *International Journal of Research and Review*, *9*(1), 340-350. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20220141>
- Rubinowicz -Zasada, M., Kucio, E., Polak, A., Stastny, P., Wierzbicki, K., Król, P., & Kucio, C. (2021). The Combined Effect of Neuromuscular Electrical Stimulation and Insulin Therapy on Glycated Hemoglobin Concentrations, Lipid Profiles and Hemodynamic Parameters in Patients With Type-2-Diabetes and Hemiplegia Related to Ischemic Stroke: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(7), 3433. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073433>
- Soelistijo, S. A., Adiwino, R. D., Pranoto, A., & Ardiany, D. (2022). The Performance of Lipid Profiles and Ratios as a Predictor of Arterial Stiffness Measured by Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity in Type 2 Diabetic Patients. *F1000Research*. <https://doi.org/10.12688/f1000research.128627>
- Wang, X., Yang, W., Zhu, Y., Zhang, S., Jiang, M., Ji, H., & Zhang, H. (2022). Genomic DNA Methylation in Diabetic Chronic Complications in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Frontiers in Endocrinology*, *13*, 896511. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.896511>
- Zhang, H., Zhang, Y., Sheng, S., Xing, Y., Mou, Z., Zhang, Y., Shi, Z., Yu, Z., Gao, Q., Cai, W., & Qi, J. (2023). Relationship between Physical Exercise and Cognitive Impairment Among Older Adults With Type 2 Diabetes: Chain Mediating Roles of Sleep Quality and Depression. *Psychology Research and Behavior Management*, *16*, 817-828. <https://doi.org/10.2147/prbm.s4037>