

AKTIVITAS FISIK SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN DAN PENANGANAN DIABETES MELITUS TIPE 2 - SEBUAH KAJIAN PUSTAKA

Muhammad Samudra Anugrah^{*1}, Govinda Vittala², I Dewa Gede Alit Kamayoga²,
Made Hendra Satria Nugraha²

¹Program Studi Sarjana Fisioterapi dan Profesi Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana

²Departemen Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana

*korespondensi penulis, e-mail: samudraagra5@gmail.com

ABSTRAK

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit yang menjadi perhatian global saat ini. DM adalah penyakit kronis yang ditandai dengan meningkatnya kadar gula darah di atas ambang batas fisiologis (*hyperglycemia*) dalam jangka waktu yang panjang. DM tipe 2 adalah ketika *hyperglycemia* dalam jangka panjang terjadi disebabkan oleh resistensi insulin. DM memiliki faktor risiko yang dapat diubah dan tidak dapat diubah. Salah satu faktor yang dapat diubah adalah tingkat aktivitas fisik. Kajian pustaka ini ditujukan untuk mengidentifikasi lebih jauh peran aktivitas fisik sebagai upaya pencegahan dan penanganan DM tipe 2. Kajian pustaka ini menggunakan data sekunder dari *database* Pubmed berupa kajian artikel ilmiah yang berkaitan dengan aktivitas fisik pada penderita DM tipe 2. Dari hasil pencarian literatur dapat disimpulkan bahwa aktivitas fisik berupa olahraga aerobik dengan intensitas sedang hingga berat selama 18-40 menit maupun anaerobik efektif dalam menstabilkan gula darah, meningkatkan sensitivitas insulin, dan menurunkan sekresi insulin pada penderita DM tipe 2 dan pada orang sehat pada rentang usia yang luas mulai dari anak-anak hingga lansia dengan olahraga aerobik *post-prandial* cenderung lebih efektif menstabilkan gula darah sehingga aktivitas fisik menjadi upaya penting dalam pencegahan dan penanganan DM tipe 2.

Kata kunci: aktivitas fisik, diabetes melitus tipe 2, gula darah, latihan

ABSTRACT

Diabetes mellitus (DM) is a chronic disease that is currently a global concern. DM is a chronic disease characterized by increased blood sugar level above physiological threshold (*hyperglycemia*). Type 2 DM is when *hyperglycemia* occurs due to insulin resistance. DM has both modifiable and non-modifiable risk factor. Physical activity is part of the modifiable risk factor. The purpose of this review is to further identify the role of physical activity as therapeutic intervention in preventing and managing type 2 DM. This review is arranged by secondary data in form of research studies from Pubmed database associated between physical activity in type 2 DM patient and/or healthy people as a therapeutic intervention to regulate blood glucose. From the research, we conclude that Physical activity in form of aerobic medium to high intensity about 18-40 minutes each session is effective to regulate blood glucose, increase insulin sensitivity, dan decrease insulin secretion in type 2 DM patient and healthy people including kids and older age people with *post-prandial* aerobic exercise tend to be more effective in regulating blood glucose. Therefore, physical activity has an important role as a therapeutic intervention and prevention of type 2 DM.

Keywords: blood glucose, diabetes mellitus type 2, exercise, physical activity

PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit yang menjadi perhatian global saat ini. DM adalah penyakit kronis yang ditandai dengan meningkatnya kadar gula darah di atas ambang batas fisiologis (*hyperglycemia*) dalam jangka waktu yang panjang. Hal ini bisa disebabkan oleh kelainan sekresi insulin oleh pankreas, kerja insulin terhadap sel, atau keduanya (Banday dkk., 2020) yang menyebabkan disfungsi kronis metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak (Banday dkk., 2020; Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021).

Hyperglycemia dalam jangka panjang dapat memberikan efek negatif terhadap kinerja organ tubuh, sistem saraf, komplikasi mikrovaskular yang dapat mengakibatkan *retinopathy*, *neuropathy*, dan *neproathy*, dan komplikasi makrovaskular yang diasosiasikan dengan meningkatnya resiko penyakit kardiovaskular (Akalu & Birhan, 2020) *Hyperglycemia* juga dapat merusak sel otot sehingga pasien DM dapat mengalami hilangnya massa otot, limitasi aktivitas fungsional dan disabilitas (Sampath Kumar dkk., 2019).

DM dibagi menjadi empat macam, yaitu DM tipe I, DM tipe 2, DM gestasional, dan DM sekunder/karena penyebab lain (Banday dkk., 2020; Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021). DM tipe 1 adalah ketika pankreas gagal dalam mensekresikan insulin disebabkan oleh autoimun yang menyerang sel β di pankreas. DM tipe 2 adalah ketika *hyperglycemia* dalam jangka panjang terjadi disebabkan oleh kelainan kerja insulin terhadap sel. DM gestasional didefinisikan sebagai diabetes yang terjadi pada masa kehamilan, biasanya terjadi pada trimester ke-2 atau ke-3. DM sekunder karena penyebab lain terjadi disebabkan oleh patologi atau kelainan genetik lainnya seperti sindroma diabetes monogenik, penyakit eksokrin pankreas, dan penggunaan obat atau zat kimia (Banday dkk., 2020; Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021).

DM tipe 2 adalah ketika *hyperglycemia* dalam jangka panjang terjadi disebabkan oleh resistensi insulin. Resistensi insulin dapat didefinisikan sebagai berkurangnya sensitivitas sel terhadap insulin sebagai penyalur gula ke dalam sel sehingga kadar gula dan trigliserida dalam darah meningkat. Dalam kondisi pre-diabetes, insulin meningkat melebihi kebutuhan tubuh sehingga terjadi hiperinsulinemia kronis, *hyperglycemia* karena gagalannya sel β , dan pada akhirnya terjadi DM tipe 2 (Ismail dkk., 2021; Lee dkk., 2022).

Berdasarkan konsensus dari Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (Perkeni), seseorang dapat dikategorikan sebagai penderita DM ketika ditemukan salah satu dari empat kondisi, yaitu gula darah puasa ≥ 126 mg/dl, pemeriksaan glukosa plasma ≥ 200 mg/dl 2-jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO), pemeriksaan glukosa plasma sewaktu ≥ 200 mg/dl dengan keluhan klasik, pemeriksaan HbA1c $\geq 6,5\%$ dengan menggunakan metode yang terstandarisasi oleh *National Glycohaemoglobin Standardization Program* (NGSP).

Menurut International Diabetes Federation pada tahun 2015 pengidap DM di dunia didominasi oleh DM tipe 2, yaitu sebanyak 98%. Pada tahun 2030 diperkirakan penderita DM di dunia mencapai 552 juta orang (Sampath Kumar dkk., 2019). Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018 menunjukkan bahwa prevalensi DM di Indonesia mengalami peningkatan di mana pada tahun 2013 penderita DM penduduk umur ≥ 15 tahun sebanyak 6,9% dan pada tahun 2018 meningkat menjadi 10,9%. Penderita DM di Indonesia didominasi oleh penduduk berusia ≥ 45 tahun sebanyak 70,6%. Walaupun demikian, penderita DM juga mulai menyerang penduduk dewasa muda bahkan anak-anak sebanyak 2%.

Faktor risiko DM ada yang dapat diubah dan tidak dapat diubah. Faktor yang tidak dapat diubah meliputi usia, ras, riwayat keluarga, serta genetik. Faktor yang

dapat diubah meliputi pola makan, lingkaran perut, aktivitas fisik, IMT, pola istirahat, dan manajemen stres (Azzahra Utomo dkk., 2020; Ismail dkk., 2021; Nasution dkk., 2021) dengan aktivitas fisik menjadi faktor risiko utama karena orang dengan aktivitas fisik rendah akan 5 kali lebih berisiko mengidap DM tipe 2 (Nasution dkk., 2021). Hal ini selaras dengan perkembangan teknologi di dunia yang memberikan akses lebih mudah dalam berbagai aspek

kehidupan sehingga mengurangi aktivitas fisik seseorang dalam kehidupan sehari-harinya dibarengi dengan mudahnya akses untuk produk tinggi pengolahan, tinggi kalori, dan cenderung rendah nutrisi.

Berdasarkan latar belakang di atas, kajian pustaka ini bertujuan untuk mengidentifikasi lebih dalam peran aktivitas fisik dalam mencegah dan menangani DM tipe 2.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah studi *literature review* dengan menggunakan data sekunder berupa kajian artikel-artikel penelitian yang berkaitan dengan aktivitas fisik pada penderita DM tipe 2 dan/atau pada orang sehat sebagai upaya untuk meregulasi gula darah. Pencarian artikel dilakukan pada *database* PubMed dengan kata kunci “*physical activity*”, “*blood glucose*”, “*exercise*”, dan “*diabetes melitus type 2*” Dari beberapa

artikel yang didapat dari hasil pencarian, kemudian dipilih enam artikel yang relevan dengan topik pembahasan dalam *literature review*. Kriteria artikel yang dipilih adalah artikel dengan desain penelitian *randomized control trial*, subjek orang sehat maupun pengidap DM tipe 2 yang tidak terbiasa melakukan aktivitas fisik, subjek pengidap DM tipe 2 tanpa komplikasi, dan subjek tidak dalam terapi insulin

HASIL

Penulis	Desain Penelitian	Metode	Hasil
Broadney dkk., 2018	<i>A Randomized Crossover Trial</i>	<ul style="list-style-type: none"> 43 anak (pria n=23 dan wanita n=20) berusia 7-11 tahun dibagi menjadi dua kelompok perlakuan: pertama, subjek diminta untuk duduk selama tiga jam dan diperbolehkan beraktivitas hanya untuk pergi menggunakan toilet (SIT). Kedua, subjek diminta untuk berjalan kaki selama tiga menit setiap tiga puluh menit selama periode tiga jam dengan total waktu berjalan sebanyak delapan belas menit dan tidak boleh melakukan aktivitas lainnya kecuali menggunakan toilet (SIT + WALK). Intensitas jalan kaki ditargetkan sebanyak 80% <i>ventilatory threshold</i>. Subjek diminta mengonsumsi dekstrosa sebanyak 1,75 gram per kilogram berat badan atau maksimal 75 gram kemudian melakukan perlakuan seperti di atas. Pengukuran gula darah dilakukan 	<ul style="list-style-type: none"> 35 anak berhasil menyelesaikan penelitian. Sekresi insulin lebih rendah pada kelompok SIT+WALK dibandingkan kelompok SIT ($p<0,007$). Rata-rata konsentrasi insulin juga lebih rendah pada waktu 60, 90, 150, dan 180 menit ($p<0,01$). <i>C-peptide</i> kelompok SIT lebih rendah 18% dibandingkan kelompok SIT+WALK ($p<0,002$). Plasma glukosa tidak terlihat ada perbedaan signifikan antara dua kelompok ($p<0,63$).

- pada -10, 0, 20, 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit dikonsumsi menggunakan *intravenous line* pada *antecubital vein*.
- Chiang dkk., 2019, *A prospective longitudinal study*
- Pasien DM tipe 2 pria (n=13) dan wanita (n=7) dengan rentang usia 44-52 tahun.
 - Pasien yang memenuhi kriteria diminta melakukan latihan selama tiga puluh menit intensitas sedang (70% HRR), tiga kali dalam sepekan selama dua belas pekan (36 sesi).
 - Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan sebelum dan setelah sesi latihan dilakukan setiap sesinya.
 - *Exercise-induced glucose response* (EIGR) dihitung dengan cara mengurangi kadar gula darah sebelum latihan dengan setelah latihan.
 - Gula darah sebelum latihan menurun secara bertahap ($p < 0,001$) sedangkan gula darah setelah latihan tidak ada perubahan signifikan ($p < 0,08$).
 - VO2Max yang lebih tinggi, kadar gula darah sebelum latihan yang tinggi, dan HbA1C yang lebih tinggi berkontribusi terhadap EIGR yang lebih tinggi ($p < 0,001$).
 - Latihan di pagi hari cenderung menghasilkan EIGR yang lebih tinggi ($p < 0,005$).
- Mendes dkk., 2019, *A Randomized Controlled Crossover Trial*
- Lima belas subjek (pria n=7 dan wanita n=8) penderita DM tipe 2 berusia 57-63 tahun dibagi menjadi tiga kelompok intervensi: HIIT, MICT, dan kontrol selama tiga pekan.
 - Penelitian dilakukan pukul 08.00-10.30 waktu setempat. Pasien memulai mengonsumsi sarapan mulai pukul 08.00 kemudian melakukan latihan pada pukul 09.00. Pengukuran kadar gula darah dilakukan sesaat sebelum latihan setiap sepuluh menit hingga pukul 10.30 dengan menggunakan *capillary blood glucose*.
 - Latihan dilakukan selama 40 menit pada dua kelompok.
 - Kelompok HIIT melakukan pemanasan selama 5 menit dengan 25% HRR diikuti dengan 5 set selama 3 menit berjalan dengan 70% HRR diselingi dengan 3 menit dengan berjalan pada 30% HRR. Sesi HIIT diakhiri dengan berjalan selama 5 menit dengan 25% HRR.
 - Kelompok MICT melakukan metode yang sama untuk pemanasan dan pendinginan tetapi melakukan berjalan dengan 50% HRR selama 30 menit. Pengaturan intensitas dilakukan dengan mengatur kecepatan dan kemiringan pada *treadmill*.
 - Kelompok kontrol hanya diminta duduk selama sesi 40 menit tiap
 - HIIT lebih efektif menurunkan kadar gula darah dibandingkan kontrol ($p < 0,001$) dan MICT ($p < 0,017$).
 - MICT lebih efektif menurunkan kadar gula darah dibandingkan dengan kontrol ($p < 0,001$).

sesinya.

- Yoko dkk., *A Crossover Trial*
2021
- 11 subjek (pria n=5 dan wanita n=6) guru (n=8) dan pekerja kantoran (n=3) berusia 31-53 tahun mengikuti protokol intervensi dengan metode *cross-over* sehingga masing-masing subjek mendapatkan perlakuan yang sama.
 - Satu metode perlakuan dilakukan selama 6 hari dengan 3 hari kontrol kemudian 3 hari latihan. Subjek diberikan jeda 1-2 pekan sebelum dilakukan *cross-over* ke perlakuan selanjutnya.
 - Pengukuran gula darah dilakukan menggunakan *Flash Glucose Monitor* (FGM).
 - Dalam studi ini terdapat empat perlakuan: Latihan aerobik sebelum makan (AER-Pre), latihan aerobik setelah makan (AER-Pos), latihan beban sebelum makan (RES-Pre), dan latihan beban setelah makan (RES-Pos).
 - Makan siang diatur dengan 100 gr nasi atau setara dengan 40 gr karbohidrat kemudian konsumsi protein dan lemak dalam keseharian subjek diminta untuk tidak diubah.
 - Latihan aerobik dilakukan dengan satu menit pemanasan dengan 4 km/jam diikuti dengan delapan belas menit kecepatan 6 km/jam dan ditutup dengan pendinginan satu menit kecepatan 4 km/jam.
 - Latihan beban dilakukan dengan satu menit *stretching* diikuti dengan *push-up*, *squat*, dan *front bridge* selama delapan belas menit sesuai dengan kemampuan subjek dan ditutup dengan satu menit *stretching*.
 - Berdasarkan IAUC, AER-Pos menurunkan gula darah secara signifikan ($p > 0,01$) dibandingkan dengan AER-Pre ($p = 0,75$), RES-Pos ($p = 0,18$), dan RES-Pre ($p = 0,39$).
 - Jika dibandingkan dengan hasil dari FGM, AER-Pos paling efektif meregulasi gula darah diikuti dengan AER-Pre.
 - RES-Pre dan RES-Pos tidak ditemukan efek signifikan terhadap penurunan kadar gula darah.
-

Holzer 2021	dkk., <i>A Randomized Crossover Study</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Enam subjek (pria n=3 wanita n=3) berusia 47-63 tahun dengan komplikasi DM tipe 2 dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan: latihan beban, latihan beban dengan <i>electromyostimulation</i>, dan latihan aerobik. • Latihan beban dilakukan dengan delapan variasi gerakan (<i>squat, bicep curl, good morning, bilateral shoulder horizontal abduksi, lunges left, lunges right, bench press</i> dan <i>crunches</i>) masing-masing gerakan dilakukan satu set sebanyak dua puluh repetisi (kecuali <i>crunches</i> dilakukan sepuluh kali) dengan total waktu latihan dua puluh menit. • <i>Electromyostimulation</i> dilakukan dengan kontraksi sedang (4-5/10). Latihan aerobik dilakukan dengan menggunakan <i>bicycle ergometer</i> dengan intensitas sedang. • Pasien datang ke tempat penelitian dalam kondisi puasa kemudian diminta untuk latihan 50 menit setelah mengonsumsi sarapan. • Pengukuran gula darah dilakukan menggunakan <i>continuous glucose monitoring</i> (CGM) yang ditempelkan pada lengan kiri atas subjek. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiga jenis perlakuan yang diberikan efektif dalam menurunkan kadar gula darah subjek tetapi tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada ketiga jenis perlakuan terhadap kadar penurunan gula darah.
Bellini 2022	dkk., <i>Two randomized repeated measures studies.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 21 subjek (pria n=10 dan wanita n=11) berusia 22-28 tahun diminta untuk melakukan jalan kaki selama 30 menit setelah sarapan dengan komposisi makanan yang bervariasi, yaitu makanan yang mengandung 0,75g karbohidrat per kilogram berat badan subjek (0,75EX & 0,75CON); 1,5g karbohidrat per kilogram berat badan (1,5EX & 1,5CON); 75 gram glukosa (OGTT_CON & OGTT_EX); dan makanan yang mengandung 75 gram karbohidrat (MEAL_CON & MEAL_EX). • Jalan kaki dilakukan 30 menit setelah konsumsi makanan di trek lari <i>indoor</i>. • Intensitas jalan kaki diukur menggunakan <i>step cadence</i> dengan ritme 120 langkah per menit. • Pengukuran gula darah menggunakan <i>capillary blood glucose</i>. • Setiap perlakuan terdapat kelompok kontrol yang hanya diminta duduk selama penelitian berlangsung. 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,75EX dan 1,5EX dapat mengurangi puncak lonjakan gula darah 30 menit setelah makan dibandingkan kelompok kontrol ($p < 0,009$). • MEAL_EX dan OGTT_EX juga signifikan menurunkan lonjakan gula darah 30 menit setelah makan dibandingkan kelompok kontrol ($p < 0,004$).

PEMBAHASAN

Pada dasarnya glukosa adalah zat yang dibutuhkan oleh tubuh sebagai sumber energi utama untuk beraktivitas dan disimpan dalam bentuk glikogen dalam hati dan otot rangka. Glukosa di dalam darah bersifat hidrofilik sehingga tidak bisa langsung memasuki sel. Oleh karena itu, tubuh memproduksi hormon insulin yang disekresikan oleh pankreas dan juga terdapat *glucose transport 4* (GLUT4) yang berperan membantu difusi glukosa ke dalam sel terutama sel otot, hati, dan lemak (Wang dkk., 2020). Namun ketika kadarnya di dalam darah melebihi batas fisiologis (*hyperglycemia*), hal ini memberikan efek negatif dan dapat menjadi komplikasi dalam jangka panjang (Akalu & Birhan, 2020).

DM tipe 2 adalah ketika *hyperglycemia* dalam jangka panjang terjadi disebabkan oleh resistensi insulin. Resistensi insulin dapat didefinisikan sebagai berkurangnya sensitivitas sel terhadap insulin sebagai penyalur gula ke dalam sel sehingga kadar gula dan trigliserida dalam darah meningkat. Resistensi insulin memiliki hubungan yang erat dengan obesitas dan tingginya kadar lemak tubuh. Obesitas sendiri menjadi faktor risiko utama terjadinya DM tipe 2 di mana orang obesitas dengan IMT di atas 34,9 memiliki risiko diabetes sebanyak 38 kali lipat lebih tinggi (Ismail dkk., 2021). Hal ini diperkuat dengan hubungan antara obesitas dengan tingkat aktivitas fisik di mana orang dengan obesitas cenderung memiliki tingkat aktivitas fisik yang rendah. Keduanya menjadi faktor risiko yang besar terhadap kejadian DM tipe 2.

Aktivitas fisik mencakup semua gerakan yang membutuhkan energi sedangkan latihan (*exercise*) adalah aktivitas fisik yang terstruktur dan terencana (Colberg dkk., 2016). Secara umum latihan bisa dibagi menjadi latihan kardio dan latihan kekuatan. Latihan kekuatan cenderung menggunakan gula dalam darah dan bersifat anaerobik. Latihan kardio bisa bersifat aerobik maupun anaerobik tergantung intensitas yang

diberikan dan berpatok kepada *anaerobic threshold*. Latihan kardio maupun kekuatan dapat memberikan efek positif terhadap regulasi gula darah kebutuhan sel terhadap glukosa menjadi tinggi oleh karena *non-insulin mediated glucose uptake* (NIMGU) dan peningkatan sensitivitas insulin. NIMGU didefinisikan sebagai meningkatnya penetrasi substrat ke dalam sel disebabkan oleh kontraksi dan meningkatnya perfusi ke dalam otot (Nguyen dkk., 2021). NIMGU meningkat secara signifikan selama latihan dan efeknya berkurang pula secara drastis ketika latihan selesai. Berbeda dengan meningkatnya sensitivitas insulin yang meningkat ketika latihan dan masih memberikan efek positif sampai dengan 150 menit setelah latihan (Nguyen dkk., 2021). Sesuai dengan prinsip metabolisme di mana latihan intensitas sedang menuju berat cenderung menggunakan gula ketimbang lemak tubuh, hasil studi literatur dari enam studi di atas menunjukkan kadar gula darah dapat distabilkan secara akut dengan latihan baik itu beban maupun kardio.

Hasil penelitian dari Mendes dkk., menunjukkan bahwa HIIT lebih efektif dalam menurunkan kadar gula darah pada penderita DM tipe 2 dibandingkan dengan MICT. Latihan kardio dengan intensitas tinggi membutuhkan lebih banyak glukosa dibandingkan lemak karena glukosa berperan sebagai sumber energi utama untuk kontraksi otot. Selain itu, dengan mempertimbangkan *anaerobic threshold* semakin membuktikan bahwa olahraga intensitas tinggi lebih banyak mengonsumsi gula. Dalam penelitian tersebut juga dijelaskan hasil regulasi gula darah yang lebih baik bisa jadi disebabkan oleh meningkatnya aktivitas PGC-1 α yang diasosiasikan dengan metabolisme gula yang membaik (Liang & Ward, 2006).

Penelitian Chiang dkk menunjukkan bahwa latihan intensitas sedang tidak hanya meregulasi gula darah secara akut pada pasien DM tipe 2, tetapi juga memperbaiki metabolisme tubuh menjadi lebih baik

secara keseluruhan yang dibuktikan dengan gula darah subjek sebelum latihan menunjukkan adanya perubahan positif. Aktivitas fisik juga dapat meningkatkan jumlah GLUT4 dalam sel sehingga meningkatkan sensitivitas insulin (Yang dkk., 2019). Hal ini dapat menjadi penjelasan mengapa dalam penelitian Chiang, dkk, penurunan gula darah sebelum latihan secara bertahap mulai menurun.

Latihan kekuatan tergolong ke dalam latihan anaerobik yang dominan menggunakan glikogen dalam otot sesuai dengan otot yang dilatih ketimbang lemak sebagai sumber energinya karena latihan kekuatan cenderung menggunakan serat otot tipe 2 dan lebih melelahkan secara perifer. Menurunnya kadar glikogen dalam otot meningkatkan sensitivitas insulin sehingga regulasi gula darah menjadi lebih baik. Penelitian Holzer, dkk menunjukkan bahwa latihan kekuatan dengan *full-body workout* memiliki efek signifikan dalam menurunkan gula darah secara akut dan tidak ditemukan perbedaan secara signifikan dibandingkan dengan latihan aerobik. Walaupun demikian, hasil penelitian Yoko, dkk yang menunjukkan bahwa latihan aerobik memberikan hasil yang lebih signifikan untuk menurunkan kadar gula darah dibandingkan dengan latihan kekuatan. Namun yang perlu diperhatikan dari penelitian Yoko, dkk adalah latihan kekuatan hanya dilakukan dengan tiga gerakan (*push-up, front bridge, dan squat*) dengan intensitas sedang yang tidak dijelaskan lebih rinci menggunakan metode pengukuran apa latihan kekuatannya dikatakan sebagai intensitas sedang. Pada studi ini disebutkan bahwa tiga gerakan tersebut dilakukan selama 18 menit dengan laju sesuai dengan kemampuan subjek dengan jeda 10-20 detik saja. Metode ini dilakukan pada pekerja untuk jeda istirahat dan kondisinya sangat berbeda dengan penggiat latihan angkat beban pada umumnya yang bisa berlatih 45-90 menit sehingga perlu penelitian lebih lanjut mengenai efek akut latihan kekuatan terhadap metabolisme gula darah. Melihat kepada fungsi otot rangka sebagai tempat

penyimpanan glikogen terbanyak dalam tubuh, latihan kekuatan juga direkomendasikan untuk mencapai *muscle hypertrophy* sehingga lebih banyak tempat penyimpanan glikogen yang tersebar dan tersedia dalam tubuh. *Muscle hypertrophy* juga meningkatkan sensitivitas insulin dengan menambah reseptor insulin pada permukaan sel otot (Wang dkk., 2020).

Aktivitas fisik seperti jalan yang cenderung cepat yang diukur menggunakan metode selain intensitas denyut nadi pun memberikan dampak positif terhadap regulasi gula darah secara akut. Penelitian dari Bellini, dkk melakukan penelitian dengan cara subjek diminta berjalan selama 30 menit dilakukan 15 menit setelah mengonsumsi makanan di trek lari dalam ruangan dengan ritme berjalan 120 langkah per menit diukur menggunakan *step cadence*. Ritme berjalan >100 langkah per menit sudah dapat dikategorikan sebagai intensitas sedang (Tudor-Locke dkk., 2018). Hasil studi ini menunjukkan bahwa jalan kaki dengan intensitas sedang tersebut dapat mengurangi puncak konsentrasi gula darah setelah makan tetapi kurang efektif dalam menurunkan kadar gula darah 2 jam setelah makan.

Penelitian Broadney, dkk yang dilakukan pada anak-anak dengan aktivitas fisik dalam waktu singkat tapi dilakukan secara berkala dapat memberikan efek positif terhadap regulasi gula darah yang ditunjukkan dengan bertambahnya konsentrasi insulin dan sensitivitas insulin pada anak-anak dengan obesitas. Hasil penelitian ini juga berkaitan dengan *non-insulin mediated glucose uptake* di mana kontraksi otot dapat meningkatkan perfusi gula ke dalam sel otot (Nguyen dkk., 2021). Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan kegiatan yang disebut dengan *sedentary break* di mana setiap 30 menit sekali subjek diminta untuk berjalan selama 3 menit. Walaupun prevalensi DM tipe 2 cenderung sangat jarang terjadi pada anak usia belia, hasil penelitian Broadney, dkk bisa dijadikan landasan bahwa aktivitas fisik dapat menjadi terapi pencegahan DM tipe 2.

SIMPULAN

Berdasarkan kajian pustaka ini, aktivitas fisik berupa olahraga aerobik dengan intensitas sedang hingga berat selama 18-40 menit maupun anaerobik efektif dalam menstabilkan gula darah, meningkatkan sensitivitas insulin, dan menurunkan sekresi insulin pada penderita DM tipe 2 dan pada orang sehat pada rentang usia yang luas mulai dari anak-anak hingga lansia dengan olahraga aerobik *post-prandial* cenderung lebih efektif menstabilkan gula darah sehingga aktivitas fisik menjadi upaya penting dalam pencegahan dan penanganan DM tipe 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Akalu, Y., & Birhan, A. (2020). Peripheral Arterial Disease and Its Associated Factors among Type 2 Diabetes Mellitus Patients at Debre Tabor General Hospital, Northwest Ethiopia. *Journal of Diabetes Research*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9419413>
- Azzahra Utomo, A., Aulia, A. R., Rahmah, S., Amalia, R., Studi, P. S., Masyarakat, K., Ilmu Kesehatan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Jl Limo Raya No, F., & Limo, K. (2020). *FAKTOR RISIKO DIABETES MELLITUS TIPE 2: A SYSTEMATIC REVIEW*. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/AN-NUR>
- Banday, M. Z., Sameer, A. S., & Nissar, S. (2020). Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna Journal of Medicine*, 10(04), 174–188. https://doi.org/10.4103/ajm.ajm_53_20
- Bellini, A., Nicolò, A., Bazzucchi, I., & Sacchetti, M. (2022). The Effects of Postprandial Walking on the Glucose Response after Meals with Different Characteristics. *Nutrients*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/nu14051080>
- Broadney, M. M., Belcher, B. R., Berrigan, D. A., Brychta, R. J., Tigner, I. L., Shareef, F., Papachristopoulou, A., Hattenbach, J. D., Davis, E. K., Brady, S. M., Bernstein, S. B., Courville, A. B., Drinkard, B. E., Smith, K. P., Rosing, D. R., Wolters, P. L., Chen, K. Y., & Yanovski, J. A. (2018). Effects of interrupting sedentary behavior with short bouts of moderate physical activity on glucose tolerance in children with overweight and obesity: A randomized crossover trial. *Diabetes Care*, 41(10), 2220–2228. <https://doi.org/10.2337/dc18-0774>
- Chiang, S. L., Heitkemper, M. M. L., Hung, Y. J., Tzeng, W. C., Lee, M. S., & Lin, C. H. (2019). Effects of a 12-week moderate-intensity exercise training on blood glucose response in patients with type 2 diabetes: A prospective longitudinal study. *Medicine (United States)*, 98(36). <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016860>
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., Horton, E. S., Castorino, K., & Tate, D. F. (2016). Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. Dalam *Diabetes Care* (Vol. 39, Nomor 11, hlm. 2065–2079). American Diabetes Association Inc. <https://doi.org/10.2337/dc16-1728>
- 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). <https://doi.org/10.3390/nu13124322>
- Ismail, L., Materwala, H., & Al Kaabi, J. (2021). Association of risk factors with type 2 diabetes: A systematic review. Dalam *Computational and Structural Biotechnology Journal* (Vol. 19, hlm. 1759–1785). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.03.003>
- Lee, S. H., Park, S. Y., & Choi, C. S. (2022). Insulin Resistance: From Mechanisms to Therapeutic Strategies. Dalam *Diabetes and Metabolism Journal* (Vol. 46, Nomor 1, hlm. 15–37). Korean Diabetes Association. <https://doi.org/10.4093/DMJ.2021.0280>
- Liang, H., & Ward, W. F. (2006). Staying Current PGC-1: a key regulator of energy metabolism. *Advanced in Physiology Education*, 30(4). <https://doi.org/10.1152/advan.00052.2006.-> Peroxisome
- Mendes, R., Sousa, N., Themudo-Barata, J. L., & Reis, V. M. (2019). High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training in middle-aged and older patients with type 2 diabetes: A randomized controlled crossover trial of the acute effects of treadmill walking on glycemic control. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph16214163>
- Nasution, F., Azwar Siregar, A., & Tinggi Kesehatan Indah Medan, S. (2021). FAKTOR RISIKO KEJADIAN DIABETES MELLITUS (Risk Factors for The Event of Diabetes Mellitus). *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 9(2).
- Nguyen, T. T. P., Jacobs, P. G., Castle, J. R., Wilson, L. M., Kuehl, K., Branigan, D., Gabo, V., Guillot, F., Riddell, M. C., Haidar, A., & El Youssef, J. (2021). Separating insulin-

- mediated and non-insulin-mediated glucose uptake during and after aerobic exercise in type 1 diabetes. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 320(3).
<https://doi.org/10.1152/AJPENDO.00534.2020>
- Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. (2021). *Pedoman: Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia 2021* (1 ed.). PB Perkeni.
- Sampath Kumar, A., Maiya, A. G., Shastry, B. A., Vaishali, K., Ravishankar, N., Hazari, A., Gundmi, S., & Jadhav, R. (2019). Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. Dalam *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 62, Nomor 2, hlm. 98–103). Elsevier Masson SAS.
<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.11.001>
- Tudor-Locke, C., Han, H., Aguiar, E. J., Barreira, T. V., Schuna, J. M., Kang, M., & Rowe, D. A. (2018). How fast is fast enough? Walking cadence (steps/min) as a practical estimate of intensity in adults: A narrative review. Dalam *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 52, Nomor 12, hlm. 776–788). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097628>
- Wang, T., Wang, J., Hu, X., Huang, X., & Chen, G.-X. (2020). Current understanding of glucose transporter 4 expression and functional mechanisms. *World Journal of Biological Chemistry*, 11(3), 76–98.
<https://doi.org/10.4331/wjbc.v11.i3.76>
- Yang, D., Yang, Y., Li, Y., & Han, R. (2019). Physical Exercise as Therapy for Type 2 Diabetes Mellitus: From Mechanism to Orientation. Dalam *Annals of Nutrition and Metabolism* (Vol. 74, Nomor 4, hlm. 313–321). S. Karger AG.
<https://doi.org/10.1159/000500110>
- Yoko, N., Hiroshi, Y., & Ying, J. (2021). Type and timing of exercise during lunch breaks for suppressing postprandial increases in blood glucose levels in workers. *Journal of Occupational Health*, 63(1).
<https://doi.org/10.1002/1348-9585.12199>