

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kadar Gula Darah

Kadar gula darah adalah istilah medis yang merujuk pada tingkat glukosa dalam darah. Berikut akan dijelaskan tentang definisi kadar gula darah, pemeriksaan kadar gula darah, serta nilai normal kadar gula darah.

2.1.1 Definisi Kadar Gula Darah

Kadar gula darah adalah jumlah kandungan glukosa dalam plasma darah yang digunakan sebagai sumber energi utama bagi tubuh (Kemenkes RI, 2020). Glukosa dalam darah berasal dari hasil metabolisme makanan yang mengandung karbohidrat dan akan didistribusikan ke seluruh sel untuk mendukung aktivitas tubuh.



Gambar 1. Kadar Gula Darah (Weasler, 2021)

Glukosa darah dibagi menjadi dua yaitu hipoglikemia dan hiperglikemia. Hipoglikemia merupakan keadaan penurunan kadar gula darah dibawah normal yang dapat menyebabkan gejala seperti berkeringat, gemetar, hingga gangguan fungsi otak (Cryer, 2016). Hal ini bisa terjadi karena asupan karbohidrat dan glukosa kurang. Berbeda dengan hipoglikemia, hiperglikemia merupakan peningkatan kadar gula darah yang terjadi akibat defisiensi insulin atau resistensi

insulin (Forbes and Cooper, 2017). Hal ini terjadi karena asupan karbohidrat dan glukosa yang berlebihan. Oleh karena itu kadar glukosa darah menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kondisi metabolik seseorang, khususnya dalam diagnosis dan pengelolaan DM (ADA, 2023).

2.1.2 Pemeriksaan Glukosa Darah

Ada beberapa macam pemeriksaan gula darah yaitu: pemeriksaan glukosa darah sewaktu (GDS), pemeriksaan glukosa darah puasa (GDP), pemeriksaan glukosa darah 2 jam Post Prandial (GD2PP), pemeriksaan glukosa jam ke-2 pada tes toleransi glukosa oral (TTGO), serta pemeriksaan HbA1c.

1. Pemeriksaan Glukosa Sewaktu (GDS)

Pemeriksaan GDS ialah pemeriksaan kadar gula darah yang dilakukan seketika waktu tanpa harus melakukan puasa, tanpa harus memperhatikan makanan terakhir yang dikonsumsi serta bagaimana kondisi tubuh orang tersebut (Fahmi dkk, 2020). Dalam hal ini tes bisa dilakukan kapan saja tanpa ada syarat puasa atau makan terlebih dahulu. Nilai rujukan glukosa darah dikatakan normal apabila GDS berada pada angka 70-140 mg/dL, dikatakan rendah jika GDS <70 mg/dL, dan dikatakan tinggi jika GDS >140 mg/dL (ADA, 2020).

2. Pemeriksaan Glukosa Puasa (GDP)

Pemeriksaan GDP merupakan cara salah satu monitoring gula darah plasma yang diukur setelah pasien melakukan puasa setidaknya 8 jam sebelum dilakukan pengecekan plasma gula darah (Yusuf dkk, 2023). Berbeda dengan GDS, dalam pemeriksaan GDP pasien diminta untuk melakukan puasa terlebih dahulu untuk menghindari adanya peningkatan jumlah kadar gula darah melalui makanan yang dapat mempengaruhi hasil tes. Nilai normal GDP yaitu <90

mg/dL, dikatakan belum pasti DM jika GDP 90 - 99 mg/dL, dan dikatakan DM jika GDP >100 mg/dL (PERKENI, 2019).

3. Pemeriksaan Glukosa Darah 2 jam Post Prandial (GD2PP)

Pemeriksaan glukosa darah 2 jam post prandial adalah pemeriksaan glukosa yang dihitung 2 jam setelah pasien menyelesaikan makan. Pada umumnya setelah mengonsumsi makanan kadar glukosa darah seseorang akan mengalami peningkatan dan peningkatan ini menjadi normal kira-kira 2 jam setelah mengonsumsi makanan. Nilai normal pemeriksaan GD2PP yaitu ≤ 140 mg/dL (PERKENI, 2019).

4. Pemeriksaan Glukosa jam ke-2 pada Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

Pemeriksaan Tes Toleransi Glukosa Oral dilakukan setelah 2 jam dari saat mengonsumsi cairan glukosa yang akan diberikan oleh petugas kesehatan. Sebelum pemeriksaan dilakukan, pasien akan puasa setidaknya 8 jam. Nilai normal TTGO yaitu < 140 mg/dL, dikatakan pre diabetes jika kadar TTGO sebesar 99-140 mg/dL, dan dikatakan diabetes jika TTGO ≥ 200 mg/dL (PERKENI, 2019).

5. Pemeriksaan HbA1c

Pemeriksaan hemoglobin glikosilasi atau disingkat HbA1c merupakan cara yang digunakan untuk menilai efek perubahan terapi selama 8-12 minggu sebelumnya. Pemeriksaan HbA1c merupakan indeks kontrol glikemik jangka panjang berkisar 2-3 bulan sesuai dengan waktu hidup eritrosit (Fristiohady and Ruslin, 2020). Semakin tinggi kadar glukosa darah, ini berarti semakin banyak hemoglobin yang berkaitan dengan glukosa. Jika jumlah HbA1c melebihi 8% kemungkinan pasien mengalami diabetes yang tidak terkontrol dan beresiko

mengalami komplikasi. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mencegah komplikasi akibat perubahan kadar gula darah yang berubah secara mendadak. Nilai normal pemeriksaan HbA1c yaitu $<5,7\%$, dikatakan prediabetes jika kadar HbA1c sebesar $5,7\% - 6,4\%$, dan dikatakan diabetes jika $\geq 6,5\%$ (Perkeni, 2019).

2.1.3 Nilai Normal Kadar Gula Darah

Nilai untuk kadar gula darah dalam darah bisa dihitung dengan beberapa cara dan kriteria yang berbeda. Berikut tabel untuk penggolongan kadar gula dalam darah sebagai patokan penyaring.

Tabel 1. Nilai Kadar Glukosa Darah Sewaktu dan Puasa (PERKENI, 2015)

			Bukan DM	Belum Pasti DM	DM
Kadar Glukosa	Glukosa	Plasma Vena	< 100	$100 - 199$	≥ 200
Darah (mg/dL)	Sewaktu	Plasma Kapiler	< 90	$90 - 199$	≥ 200
Kadar Glukosa	Glukosa	Plasma Vena	< 100	$100 - 125$	≥ 126
Darah (mg/dL)	Puasa	Plasma Kapiler	< 90	$90 - 99$	≥ 100

2.1.4 Metode Pengukuran Kadar Gula Darah

Metode pengukuran kadar gula darah dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode laboratorium dan metode *Poin of Care Testing* (POCT)

1. Metode Laboratorium

Metode laboratorium merupakan pemeriksaan/ pengukuran kadar gula darah yang dilakukan di laboratorium klinik dengan menggunakan alat khusus seperti *spectrofotometer* atau *autoanalyzer*. Pemeriksaan kadar gula darah dengan menggunakan alat laboratorium umumnya memakai sampel darah vena dan menggunakan metode enzimatik, salah satunya *Glucose Oxidase Peroxidase*

(GOD-PAP). Pada metode tersebut glukosa akan bereaksi dengan enzim tertentu sehingga menghasilkan perubahan warna yang kemudian dibaca oleh alat laboratorium. Pemeriksaan laboratorium memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi sehingga sering digunakan sebagai standar pemeriksaan/ pengukuran kadar gula darah (ADA, 2024).



Gambar 2. Alat Laboratorium Spectrofotometer (Mubarok, 2022)

2. Metode POCT (*Poin of Care Testing*)

Metode POCT merupakan pemeriksaan/ pengukuran kadar gula darah yang dilakukan secara cepat dengan menggunakan alat glukometer. Pada pemeriksaan ini, sampel darah berasal dari darah kapiler pada ujung jari yang diambil dengan menggunakan lancet kemudian ditetaskan pada strip test dan dibaca oleh alat glukometer.



Gambar 3. Alat POCT Glukometer Digital (Rachelia, 2024)

Hasil pemeriksaan dapat diperoleh dalam waktu singkat sehingga metode ini praktis digunakan di kalangan kesehatan maupun penelitian lapangan. Pemeriksaan POCT memberikan kemudahan dan kecepatan pemantauan glukosa darah, namun hasilnya dapat dipengaruhi oleh teknik pengambilan sampel, kondisi strip, suhu, dan kelembapan (ADA, 2024)

2.1.5 Metabolisme Kadar Gula Darah

Metabolisme glukosa merupakan proses tubuh dalam menggunakan, menyimpan dan memproduksi glukosa sebagai sumber energi utama bagi sel tubuh (ADA, 2023). Berdasarkan pernyataan tersebut, metabolisme glukosa membantu tubuh memperoleh dan menggunakan energi dari glukosa sesuai kebutuhan tubuh. Menurut *National Institutes of Health* (NIH, 2022), metabolisme glukosa melibatkan proses glikolisis, glikogenesis, glikogenolisis dan glukoneogenesis dalam menjaga ketersediaan glukosa bagi tubuh.

1. Glikolisis

Glikolisis merupakan pemecah glukosa menjadi piruvat untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP (*Adenosine Triphosphate*) yang digunakan oleh sel tubuh, yang terjadi di sitoplasma sel dan menjadi sumber energi utama saat tubuh melakukan aktivitas fisik (Hall & Hall, 2021). Berdasarkan proses tersebut, glikolisis membantu tubuh memanfaatkan glukosa darah sebagai sumber energi utama bagi sel.

2. Glikogenesis

Glikogenolisis merupakan proses pembentukan glikogen dari glukosa yang terjadi terutama di hati maupun otot ketika kadar gula meningkat (Murray et al., 2021). Dalam hal ini, glikogenesis membantu tubuh menyimpan kelebihan

glukosa sebagai cadangan energi sehingga kadar gula darah tetap terkontrol. Murray et al. (2021) menambahkan bahwa glikogenesis terjadi ketika kadar glukosa darah meningkat dan insulin merangsang penyimpanan glukosa dalam bentuk glikogen. Berdasarkan penjelasan tersebut, glikogenesis membantu menjaga keseimbangan kadar gula darah setelah asupan makan.

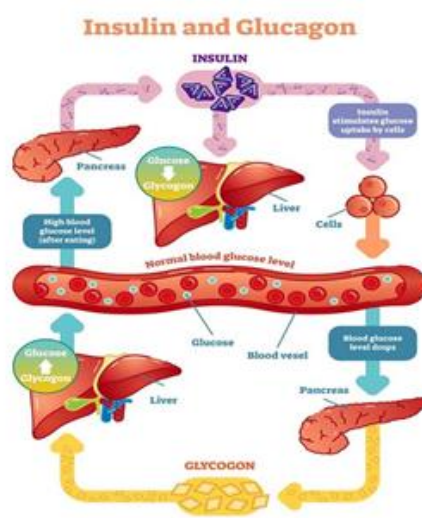
3. Glikogenolisis

Glikogenolisis merupakan proses pemecah glikogen menjadi glukosa yang terjadi terutama di hati dan otot ketika tubuh membutuhkan energi tambahan (Rodwell et al., 2021). Berdasarkan hal tersebut, glikogenolisis membantu tubuh menyediakan glukosa sebagai sumber energi saat kadar gula darah menurun.

4. Glukoneogenesis

Glukoneogenesis adalah proses pembentukan glukosa baru dari sumber non-karbohidrat seperti asam amino dan laktat (NIH, 2022). Berdasarkan penjelasan tersebut glukoneogenesis membantu tubuh mempertahankan kadar glukosa darah terutama saat tubuh dalam kondisi puasa atau kekurangan asupan makanan.

Ada dua hormon utama yang mempengaruhi metabolisme glukosa darah, yaitu insulin dan glukagon (ADA, 2023). Insulin berfungsi menurunkan kadar glukosa darah dengan membantu glukosa masuk ke dalam sel serta merangsang pembentukan glikogen, sedangkan glukagon berfungsi meningkatkan kadar glukosa darah melalui proses pemecah glikogen dan pembentukan glukosa baru di hati. Menurut *National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases* (NIDDK, 2022), hormon insulin dan glukagon bekerja saling berlawanan untuk menjaga keseimbangan kadar gula darah dalam tubuh.



Gambar 4. Hormon Insulin dan Glukagon (Garcia, 2024)

Campbell dan Newgard (2021) menambahkan bahwa homeostasis metabolik dipertahankan melalui kerja yang saling melengkapi antara insulin dan glukagon dalam mengatur kadar gula darah. Dari pernyataan tersebut menunjukkan bahwa tubuh memiliki mekanisme pengaturan yang kompleks untuk menjaga kadar glukosa tetap stabil melalui koordinasi berbagai organ dan hormon. Apabila terjadi gangguan dalam mekanisme ini maka akan menyebabkan kelainan metabolik, termasuk resistensi insulin dan DM tipe 2 (Campbell & Newgard, 2021)

2.1.6 Faktor yang Mempengaruhi Kadar Gula Darah

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar gula darah antara lain: pola makan, aktifitas fisik, usia, stres, hormon, penggunaan obat-obatan, dan kondisi kesehatan tertentu.

1. Pola Makan

Pola makan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kadar gula darah karena makanan yang dikonsumsi akan dipecah menjadi glukosa dan diserap ke dalam aliran darah (ADA, 2024). Konsumsi karbohidrat berlebih,

terutama karbohidrat sederhana, dapat meningkatkan kadar glukosa darah secara cepat, sedangkan konsumsi makanan tinggi serat dapat membantu memperlambat penyerapan glukosa (Adu et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan jenis dan jumlah dan jadwal makan yang baik dapat membantu menjaga kadar gula darah tetap terkendali, sedangkan pola makan yang tidak teratur dapat menyebabkan peningkatan kadar gula darah.

2. Aktivitas Fisik

Tanzila (2023) dalam literatur review menunjukkan bahwa aktivitas fisik memiliki hubungan yang signifikan dengan kadar gula darah pada penderita diabetes melitus tipe 2. Aktivitas fisik yang dilakukan secara rutin dapat meningkatkan sensitivitas insulin sehingga glukosa lebih mudah masuk ke dalam sel. Dengan kata lain, semakin baik dan teratur aktivitas fisik seseorang, semakin efektif tubuh menggunakan glukosa sehingga kadar gula darah cenderung lebih terkontrol.

3. Usia

Seiring bertambahnya usia, sensitivitas insulin cenderung menurun dan fungsi pankreas dalam memproduksi insulin dapat mengalami penurunan. (Mutmainnah et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan usia dapat menyebabkan kemampuan tubuh dalam mengatur kadar glukosa darah menjadi berkurang sehingga resiko terjadinya peningkatan kadar gula darah semakin besar.

4. Stres

Menurut *American Diabetes Association Professional Practice Committee* (2025), kondisi stres dapat mempengaruhi kontrol glikemik dan menyebabkan

fluktuasi kadar glukosa darah. Artinya, ketika seseorang mengalami stres, tubuh akan menghasilkan hormon yang dapat meningkatkan kadar gula darah meskipun tidak terjadi peningkatan asupan makanan.

5. Perubahan hormon

StatPearls Publishing (2023) menjelaskan bahwa perubahan kadar hormon tertentu dapat memengaruhi homeostatis glukosa dan berkontribusi terhadap peningkatan kadar gula darah. Hormon seperti glukagon, kortisol, hormon pertumbuhan, dan hormon tiroid dapat meningkatkan kadar glukosa darah melalui berbagai mekanisme metabolik. Dengan demikian, ketidakseimbangan hormon dapat menyebabkan regulasi glukosa darah menjadi terganggu sehingga kadar gula darah lebih sulit dipertahankan dalam batas normal.

6. Penggunaan Obat-Obatan

American Diabetes Association Professional Practice Committee (2025) menyebutkan bahwa penggunaan obat-obatan tertentu dapat mempengaruhi hasil pengendalian glikemik seseorang. Hal ini berarti bahwa efek farmakologis suatu obat dapat mengubah metabolisme glukosa sehingga menyebabkan peningkatan maupun penurunan kadar gula darah.

7. Kondisi Kesehatan Tertentu

Kondisi kesehatan tertentu seperti diabetes, gangguan pankreas, penyakit liver, penyakit ginjal, infeksi, dan gangguan endokrin dapat memengaruhi kadar gula darah (ADA, 2025). Gangguan pada organ-organ yang berperan dalam metabolisme glukosa dapat menyebabkan produksi atau kerja insulin menjadi tidak optimal. ADA (2025) menambahkan bahwa berbagai kondisi medis dapat mempengaruhi status glikemik dan pengendalian kadar glukosa darah. Dengan

kata lain, adanya penyakit tertentu dapat menyebabkan kadar gula darah menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan kondisi normal karena terganggunya proses metabolisme glukosa dalam tubuh.

2.2 Latihan eksentrik

Latihan eksentrik merupakan salah satu dari pengobatan non farmakologis yang berfungsi untuk pengendalian gula darah. Berikut ini akan dijelaskan mengenai definisi, tujuan, ciri-ciri serta efek samping dari latihan eksentrik.

2.2.1 Definisi Latihan Eksentrik

Latihan eksentrik merupakan salah satu model latihan berdasarkan jenis kontraksi otot. Latihan eksentrik umumnya berfokus pada gerakan, atau fase gerakan yang memanjangkan otot, biasanya dengan memperlambat gerakan (Preiato et al., 2023). Pada latihan eksentrik otot tidak hanya bekerja, tetapi juga berfungsi sebagai rem untuk mengontrol gerakan agar tidak terlalu cepat dan berlebihan. Kontraksi eksentrik mampu menghasilkan gaya yang lebih besar dibandingkan kontraksi lainnya dengan kebutuhan energi yang lebih rendah (Hody et al., 2019). Dengan demikian, latihan eksentrik tergolong efisien karena dapat meningkatkan kekuatan otot tanpa membutuhkan energi yang terlalu besar. Pada latihan eksentrik otot berkontraksi sambil memanjang, seperti saat menurunkan beban dalam gerakan angkat beban.

2.2.2 Tujuan Latihan eksentrik

Latihan eksentrik memiliki berbagai tujuan yang sangat bermanfaat, yakni: meningkatkan kekuatan dan daya tahan otot, mengurangi nyeri dan fungsi gerak, meningkatkan ambilan glukosa dalam otot, dan menghemat energi dengan beban berat.

1. Meningkatkan Kekuatan dan Daya Tahan Otot

Latihan eksentrik bertujuan untuk meningkatkan kekuatan otot melalui kemampuan otot dalam menghasilkan gaya yang lebih besar dibanding lainnya (Douglas et al., 2017). Hal ini menunjukkan bahwa latihan eksentrik sangat efektif dalam meningkatkan daya tahan dan kekuatan otot karena memberikan beban tinggi yang mampu merangsang adaptasi otot secara maksimal.

2. Mengurangi Nyeri dan Meningkatkan Fungsi Gerak

Salah satu tujuan dari latihan ini adalah mengurangi nyeri sehingga fungsi dan gerakannya membaik seiring pergantian jaringan baru. Latihan eksentrik banyak digunakan dalam rehabilitasi karena terbukti dapat mengurangi nyeri serta meningkatkan fungsi gerak, khususnya pada kondisi cedera tendon (Lawa, 2021). Berkurangnya nyeri dan meningkatnya kemampuan gerak dapat mempercepat regenerasi jaringan otot tendon, sehingga individu dapat kembali melakukan aktivitas sehari-hari dengan lebih optimal.

3. Meningkatkan Ambilan Glukosa dalam Otot

Latihan eksentrik dapat meningkatkan ambilan glukosa dalam otot, sehingga membantu memperbaiki kadar glukosa dalam darah. Latihan eksentrik juga dapat meningkatkan sensitivitas insulin melalui perubahan metabolisme otot (Hody et al., 2019). Dengan meningkatnya sensitivitas insulin, maka tubuh akan menjadi lebih efektif dalam menggunakan glukosa sehingga dapat mengurangi resiko hiperglikemia pada penderita diabetes. Ini berarti latihan eksentrik dapat membantu individu dengan resiko diabetes dalam pengelolaan kadar gula darah.

4. Menghemat Energi dengan Beban Berat

Latihan eksentrik memungkinkan penggunaan energi yang lebih efisien meskipun dengan beban yang cukup berat, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanpa menguras energi secara berlebihan. Kontraksi eksentrik mampu menghasilkan gaya yang lebih besar dibandingkan kontraksi lainnya dengan kebutuhan energi yang lebih rendah (Hody et al., 2019). Dengan demikian, latihan eksentrik tergolong efisien karena dapat meningkatkan kekuatan otot tanpa membutuhkan energi yang terlalu besar.

2.2.3 Ciri-ciri Latihan eksentrik

Latihan eksentrik memiliki ciri-ciri khas yang membedakannya dari jenis latihan lainnya. Berikut adalah beberapa ciri utama latihan eksentrik:

1. Gerakan Otot Memanjang Saat Kontraksi

Ciri khas dari latihan eksentrik adalah terjadinya pemanjangan otot secara aktif ketika otot sedang dalam keadaan berkontraksi. Kontraksi otot eksentrik terjadi ketika gaya yang ditetapkan pada otot melebihi gaya yang dihasilkan oleh otot itu sendiri pada suatu waktu yang mengakibatkan pemanjangan paksa dari sistem otot tendon (Hody et al, 2019). Otot dalam kondisi aktif tetapi memanjang karena melawan beban, seperti saat menurunkan barbel pada gerakan bench press.

2. Fokus pada Pengendalian Gerakan

Kontraksi eksentrik terjadi ketika otot memanjang sambil tetap menahan beban. Gerakan ini bersifat deseleratif atau memperlambat gerakan sehingga melatih kontrol motorik dan stabilitas (Colberg et al, 2016). Pada fase ini, otot bekerja untuk mengontrol penurunan beban dengan kecepatan yang stabil

sehingga mengurangi cedera. Contohnya seperti saat menurunkan dumbbell secara perlahan, dimana otot bekerja untuk mengontrol gerakan tersebut.

3. Menggunakan Beban Lebih Berat

Latihan eksentrik memungkinkan beban yang lebih besar dibandingkan kontraksi konsentrik karena otot memiliki kapasitas lebih tinggi dalam menghasilkan gaya saat memanjang (Douglas et al., 2017). dari pada penggunaan Dengan demikian, latihan eksentrik, seseorang bisa melatih kekuatan ototnya dengan beban yang relatif lebih tinggi dibanding latihan biasa.

4. Beban Mengarah pada Gravitasi

Pada latihan eksentrik, gerakan umumnya terjadi saat otot bekerja untuk menahan beban yang bergerak mengikuti arah gaya gravitasi (Douglas et al., 2017). Hal ini dapat terlihat pada gerakan eksentrik seperti menurunkan tubuh saat *squat* atau *pull-up*, maupun saat menurunkan barbel setelah *bench press*. Pada tahap ini, gaya gravitasi membantu menurunkan beban.

5. Memicu DOMS (*Delayed Onset Muscle Soreness*)

Latihan eksentrik sering dikaitkan dengan munculnya nyeri otot tertunda atau *Delayed Onset Muscle Soreness* (DOMS), akibat mikrotrauma pada serat otot (Hody et al., 2019). Meskipun menimbulkan nyeri sementara, kondisi ini merupakan bagian dari proses adaptasi otot menjadi lebih kuat.

2.2.4 Efek Samping Latihan Eksentrik

Dalam penerapannya, latihan eksentrik memiliki banyak manfaat bagi penderita diabetes dan gangguan *muskulosekelatal*, namun selain itu latihan eksentrik juga juga dapat menimbulkan beberapa efek samping, terutama pada

individu yang belum terbiasa dengan jenis latihan ini. Pemahaman tentang efek samping ini penting untuk merancang program latihan yang aman dan efektif.

1. *Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS)*

Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) merupakan kondisi nyeri otot yang muncul setelah aktivitas fisik, terutama pada latihan eksentrik (Hody et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa DOMS merupakan respon alami tubuh terhadap beban latihan yang melebihi kebiasaan otot. DOMS biasanya dirasakan sekitar 6-12 jam setelah latihan, mencapai puncaknya dalam 24-72 jam (Heiss et al., 2019). Meskipun begitu, ini hanya bersifat sementara, akan berangsur membaik dalam beberapa hari seiring proses pemulihan otot. DOMS menjadi salah satu efek samping yang paling umum dari latihan eksentrik (Hotfiel et al., 2018). Untuk meminimalkan DOMS, maka pada setiap sesi latihan diawali dengan pemanasan dan *stretching* untuk mempersiapkan otot, serta mengurangi resiko cedera, kemudian setelah latihan ditutup dengan gerakan pendinginan.

2. Kerusakan Serabut Otot (*Muscle Damage*)

Selain DOMS, efek samping yang akan timbul yaitu kerusakan serabut otot. Kontraksi eksentrik dapat menyebabkan kerusakan struktural pada serabut otot karena tingginya tegangan mekanik yang dihasilkan (Franchi et al., 2017). Meskipun kerusakan bersifat sementara, kondisi ini tetap perlu diperhatikan agar tidak berkembang menjadi cedera yang lebih serius.

3. Penurunan Kekuatan Sementara

Setelah melakukan latihan eksentrik, dapat terjadi penurunan kekuatan otot secara sementara akibat kelelahan dan kerusakan otot (Hody et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa tubuh membutuhkan waktu pemulihan sebelum kembali

melakukan aktifitas fisik dengan intensitas tinggi. Meskipun penurunan ini bersifat sementara, hal ini dapat mempengaruhi performa atletik dan aktivitas sehari-hari dalam jangka pendek.

4. Risiko Cedera Jika Tidak dilakukan dengan Benar

Latihan eksentrik yang dilakukan dengan teknik yang salah atau beban yang terlalu berat dapat meningkatkan risiko cedera pada otot maupun tendon (Hody et al., 2019). Oleh karena itu, penting sekali untuk memperhatikan teknik dan progresivitas latihan agar tetap aman sehingga dapat meminimalkan risiko cedera.

2.3 Gerakan Latihan Eksentrik

Sebelum pelaksanaan latihan peneliti memberikan demonstrasi gerakan latihan eksentrik. Teknik latihan yang dilakukan pada setiap sesi latihan diawali dengan pemanasan dan *stretching* kemudian setelah latihan ditutup dengan gerakan pendinginan. Hal ini dapat meminimalkan DOMS dan mencegah terjadinya cedera. Ada 3 gerakan latihan eksentrik yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu *squat* eksentrik, *heel raises* eksentrik, dan *lunges* eksentrik.

2.3.1 *Squat* Eksentrik

Squat eksentrik merupakan gerakan yang menekankan pada fase menurunkan tubuh secara perlahan dengan kontrol otot yang baik, terutama pada otot *quadriceps*, *hamstring* dan *gluteus* (Douglas et al., 2017). Pada gerakan ini otot bekerja untuk menahan beban tubuh agar tidak turun terlalu cepat, sehingga terjadi kontraksi eksentrik pada otot. *Squat* eksentrik dapat meningkatkan kekuatan otot tungkai serta kontrol *neuromuscular* karena adanya peningkatan ketegangan selama fase penurunan (Suchomel et al., 2019).

Hal ini menunjukkan bahwa *squat* eksentrik tidak hanya melatih kekuatan tetapi juga meningkatkan koordinasi dan stabilitas gerakan. Pada fase eksentrik, otot bekerja menahan beban saat memanjang yaitu ketika tubuh menurun dalam posisi jongkok.



Gambar 5. *Squat* Eksentrik

Cara melakukan *squat* eksentrik

1. Berdirilah tegak dengan kaki selebar bahu, punggung lurus pandangan ke depan
2. Turunkan tubuh perlahan-lahan, tekuk lutut dan dorong pinggul ke belakang seperti hendak duduk sambil menahan gerakan agar tidak terlalu cepat sekitar 3-5 detik saat turun.
3. Pastikan lutut tidak melewati ujung jari kaki dan punggung tetap tegak. Dan tumit tetap menapak lantai
4. Tahan sebentar di posisi bawah, lalu naik kembali ke posisi berdiri normal (boleh dibantu jika dibutuhkan). Fokus utama pada ini adalah pada fase turun sehingga bisa naik normal (lebih cepat)
5. Ulangi gerakan 12 repetisi, 3 set

2.3.2 *Heel Raises Eksentrik*

Heel raises eksentrik merupakan latihan dengan gerakan menurunkan tumit secara perlahan dari posisi berjinjit yang menargetkan otot *gastrocnemius* dan tendon Achilles (Leung et al., 2017). Pada latihan ini, fase eksentrik terjadi ketika tumit perlahan diturunkan dari posisi jinjit ke posisi awal. Hal ini dapat meningkatkan keseimbangan dan menguatkan otot *gastrocnemius* dan otot soleus.



Gambar 6. *Heel Raises* Eksentrik

Cara melakukan *heel raises* eksentrik

1. Berdirilah tegak di atas permukaan lantai yang datar dengan kedua kaki terbuka selebar bahu. Kedua tangan diletakkan di pinggang, bahu, atau dinding untuk menjaga keseimbangan.
2. Angkat kedua tumit hingga posisi berjinjit
3. Naik perlahan ke posisi jinjit (bisa dengan bantuan tangan/ satu kaki lainnya)
4. Turunkan tumit secara perlahan selama 3-5 detik hingga sedikit dibawah permukaan tangga/ pijakan. Otot *gastrocnemius* akan terasa meregang dan menahan beban
5. Ulangi 12 repetisi, 3 set

2.3.3 *Lunges* Eksentrik

Lunges eksentrik merupakan latihan kekuatan tubuh bagian bawah yang dilakukan dengan melangkahkan satu kaki ke depan atau ke belakang kemudian menurunkan tubuh dengan menekuk lutut dan panggul, sehingga melibatkan otot *quadriceps*, *hamstring* dan *gluteus maximus* untuk meningkatkan kekuatan, keseimbangan, serta fungsi gerak (Schoenfeld et al., 2021). Pada latihan ini, fase eksentrik terjadi ketika tubuh diturunkan perlahan menuju posisi *lunge* sehingga otot *quadriceps*, *hamstring*, *gluteus maximus*, dan *gastrocnemius* bekerja mengendalikan gerakan melawan gravitasi (Douglas et al., 2017)



Gambar 7. *Lunges* Eksentrik

Cara melakukan *lunges* eksentrik

1. Berdiri tegak dengan kaki rapat atau dibuka selebar bahu.
2. Langkahkan satu kaki ke depan
3. Turunkan pinggul secara perlahan selama 3-4 detik hingga kedua lutut membentuk sudut 90°. Pastikan lutut kaki depan sejajar dengan pergelangan kaki (tidak menjorok melewati jari kaki). Pertahankan posisi 1-2 detik
4. Dorong tubuh kembali ke posisi awal. Ulangi gerakan untuk kaki sebelahnya.
5. Ulangi 12 repetisi, 3 set

2.4 Alat Ukur

Pemeriksaan glukosa darah dapat dilakukan dengan beberapa metode, baik dengan metode pemeriksaan laboratorium, maupun metode strip POCT (*Point of Care Testing*). Pemeriksaan laboratorium umumnya digunakan sebagai standardiagnostik karena memiliki akurasi dan sensitivitas yang lebih tinggi, sedangkan POCT lebih banyak digunakan untuk pemeriksaan cepat dan pemantauan kadar glukosa darah secara berkala (ADA, 2024). Alat yang umum digunakan pada pemeriksaan laboratorium antara lain *spectrofotometer*, *autoanalyzer*, *mikropipet*, *centrifuge*, dan tabung reaksi. Metode POCT adalah penggunaan tes laboratorium sederhana yang dapat dilakukan dengan darah kapiler yang hasilnya dapat diketahui sesegera mungkin (Fitriani dkk., 2021). Salah satu alat yang bisa digunakan dalam pemeriksaan dengan metode POCT adalah glukometer.

Pada penelitian ini, alat ukur yang digunakan adalah *glucometer digital*. Glukometer adalah perangkat *portable* yang digunakan untuk mengukur gula darah dengan menggunakan sensor kimia serta enzim glucose oxidase sebagai bahan aktifnya (ADA, 2023). Pemilihan glukometer didasarkan pada pertimbangan efisiensi waktu, kemudahan penggunaan, serta sifat alat yang *portable* yang mudah untuk dibawa kemanapun, sehingga sesuai digunakan pada penelitian lapangan dibanding dengan pemeriksaan laboratorium. Meskipun akurasinya sedikit berbeda dibandingkan pemeriksaan laboratorium, glukometer tetap banyak digunakan dalam pemantauan kadar gula darah karena hasil pemeriksaan dapat diperoleh secara cepat dan praktis (PERKENI, 2021). Dengan menggunakan alat ukur ini pada *pretest* dan *posttest*, maka peneliti bisa mengetahui hasil dari latihan.



Gambar 8. Alat Ukur Glukometer merk Easy Touch

2.4.1 Langkah- Langkah Penggunaan Glukometer

1. Persiapan Alat dan Kebersihan:

Cuci tangan dengan sabun dan air mengalir, lalu keringkan dengan baik.

Siapkan glukometer, strip tes, lancet (jarum kecil), dan perangkat lancet (alat penusuk).

2. Menyiapkan Strip Tes dan Perangkat Lancet:

Keluarkan strip tes dari wadahnya dan segera tutup kembali wadah tersebut rapat-rapat untuk menghindari kelembaban. Masukkan lancet baru ke dalam perangkat lancet sesuai petunjuk penggunaan.

3. Pengambilan Sampel Darah:

Pilih area di ujung jari yang akan ditusuk. Bersihkan area tersebut dengan kapas alkohol dan biarkan mengering. Gunakan perangkat lancet untuk menusuk ujung jari dengan lembut. Tekan perlahan dari pangkal jari ke arah ujung untuk mengeluarkan setetes darah. Usap tetesan darah pertamadengan kapas/ tisu kering, lalu gunakan tetesan darah kedua yang keluar setelah diusap untuk disentuhkan pada strip test.

4. Pengukuran Kadar Gula Darah

Nyalakan glukometer dan masukkan strip tes sesuai petunjuk alat. Tempatkan setetes darah pada area yang ditentukan di strip tes. Tunggu beberapa detik hingga hasil pengukuran muncul di layar glukometer.

5. Setelah Pengukuran

Catat hasil pengukuran, termasuk tanggal dan waktu, untuk memantau pola gula darah Anda. Buang lancet dan strip tes yang telah digunakan ke dalam wadah sampah yang sesuai.

