BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Diabetes Melitus

2.1.1. Pengertian Diabetes Melitus

Menurut WHO, diabetes adalah kondisi metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah yang disebabkan oleh ketidakseimbangan dalam kerja atau produksi insulin. Apabila tidak dirawat dengan baik, penyakit itu tentu akan menimbulkan berbagai komplikasi serius (*World Health Organization*, 2024). Jenis yang paling umum, diabetes melitus tipe 2, sangat terkait dengan resistensi insulin dan hilangnya fungsi sel beta pankreas secara progresif. Pilihan gaya hidup yang tidak sehat, seperti obesitas, makanan tinggi kalori, dan kurang olahraga, seringkali berkontribusi pada penyakit ini (Davies et al., 2022). Diabetes melitus tipe 2 merupakan tantangan kesehatan masyarakat yang besar di Indonesia, yang disebabkan oleh meningkatnya prevalensi dan perannya dalam peningkatan angka penyakit dan kematian yang diakibatkan oleh diabetes melitus (Kemenkes RI, 2023).

2.1.2. Klasifikasi Diabetes Melitus

American Diabetes Association dan *World Health Organization* (WHO) mengkategorikan diabetes melitus ke dalam beberapa tipe utama yaitu diabetes melitus tipe 1, diabetes melitus tipe 2, diabetes gestasional, dan tipe tambahan yang disebabkan oleh kondisi spesifik seperti gangguan genetik, penyakit pankreas, atau penggunaan obat-obatan tertentu *(American Diabetes Association, 2022; World Health Organization*, 2024).

2.1.2.1. Diabetes Melitus Tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 adalah kondisi autoimun jangka panjang yang ditandai dengan kerusakan sel beta pankreas yang disebabkan oleh mekanisme autoimun, yang mengakibatkan kekurangan insulin total. Kondisi ini menyebabkan ketergantungan permanen pada pengobatan insulin eksternal. Diabetes melitus tipe

1 biasanya muncul pada anak-anak dan remaja, meskipun juga dapat berkembang pada orang dewasa. Secara patofisiologis, kerusakan sel beta pankreas dipicu oleh interaksi pengaruh genetik dan lingkungan, yang menyebabkan produksi insulin yang tidak mencukupi dan gangguan kontrol glukosa darah. Individu dengan diabetes melitus tipe 1 menghadapi risiko signifikan mengalami komplikasi akut seperti ketoasidosis diabetik jika mereka tidak menerima pengobatan yang tepat (Atkinson et al., 2021; PERKENI, 2021).

2.1.2.2. Diabetes Melitus Tipe 2

Sekitar 90–95% dari semua kasus diabetes adalah diabetes melitus tipe 2, menjadikannya bentuk penyakit yang paling umum. Resistensi insulin dan hilangnya aktivitas sel beta pankreas secara progresif merupakan ciri khas diabetes melitus tipe 2. Tubuh masih dapat memproduksi insulin pada tahap awal, tetapi jaringan perifer tidak mampu memanfaatkannya secara efisien. Obesitas, kurangnya aktivitas fisik, gizi buruk, usia lanjut, dan riwayat keluarga merupakan faktor risiko utama diabetes melitus tipe 2. Karena meningkatnya angka obesitas dan gaya hidup kurang gerak, diabetes melitus tipe 2 telah menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di Indonesia (Davies et al., 2022).

2.1.2.3. Diabetes Melitus Gestasional

Diabetes melitus gestasional mengacu pada penurunan toleransi glukosa yang pertama kali teridentifikasi selama kehamilan. Kondisi ini timbul akibat ketidakstabilan hormonal selama kehamilan yang mengakibatkan peningkatan resistensi insulin, terutama pada trimester kedua dan ketiga. Meskipun diabetes gestasional biasanya hilang setelah melahirkan, kondisi ini meningkatkan risiko masalah kehamilan seperti makrosomia janin, preeklampsia, dan persalinan sesar. Wanita yang pernah mengalami diabetes gestasional menghadapi peningkatan risiko terkena diabetes melitus tipe 2 di masa mendatang. Pemantauan kadar glukosa darah dan penerapan perubahan gaya hidup sangat penting selama dan setelah kehamilan (Harahap et al., 2026; *World Health Organization, 2024)*.

2.1.2.4. Diabetes Melitus Lainnya

Diabetes melitus lainnya meliputi berbagai jenis diabetes yang dipicu oleh kondisi atau keadaan tertentu. Kategori ini mencakup diabetes yang disebabkan oleh kelainan genetik yang memengaruhi fungsi sel beta, kondisi genetik yang memengaruhi kerja insulin, penyakit pankreas eksokrin (seperti pankreatitis kronis), gangguan endokrin, dan diabetes yang dipicu oleh obat atau zat tertentu, termasuk penggunaan *glukokortikoid* jangka panjang. Meskipun kurang umum, bentuk diabetes melitus lainnya memerlukan pendekatan diagnosis dan pengobatan yang tepat sasaran berdasarkan akar penyebabnya. Identifikasi yang tepat sangat penting untuk menghindari kesalahan pengobatan dan meningkatkan manajemen glikemik jangka panjang (*American Diabetes Association*, 2022; PERKENI, 2021).

2.1.3. Faktor Risiko Diabetes Melitus

Baik variabel yang dapat dimodifikasi maupun yang tidak dapat dimodifikasi merupakan faktor risiko diabetes melitus. Usia, keturunan, dan riwayat keluarga adalah contoh elemen yang tidak dapat dimodifikasi. Diabetes melitus lebih mungkin menyerang mereka yang memiliki riwayat keluarga penyakit ini dan yang lebih tua, terutama setelah usia 40 tahun. Selain itu, baik diabetes melitus tipe 1 maupun tipe 2 sangat dipengaruhi oleh faktor keturunan *(American Diabetes Association,* 2022; Davies et al., 2022). Faktor risiko yang dapat diubah terutama berkaitan dengan pilihan gaya hidup. Obesitas merupakan elemen risiko yang signifikan karena kelebihan jaringan lemak dapat meningkatkan resistensi insulin. Kurangnya aktivitas fisik menyebabkan penurunan sensitivitas insulin dan terhambatnya penggunaan glukosa oleh otot rangka. Peluang terkena diabetes melitus semakin meningkat akibat merokok, konsumsi alkohol berlebihan, dan diet tinggi lemak dan gula. Selain itu, diabetes melitus sering disertai dengan hipertensi dan dislipidemia dalam konteks sindrom metabolik, yang menghambat pengendalian glikemik dan meningkatkan risiko komplikasi (Rietz et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021).

Penderita diabetes melitus sebaiknya tidak melakukan semua jenis olahraga fisik, terutama jika mereka memiliki masalah kronis, penyakit jangka panjang, atau kontrol glikemik yang buruk. Olahraga yang dimulai secara tiba-tiba, intensitas sangat tinggi, anaerobik tinggi, atau berisiko tinggi biasanya tidak disarankan karena dapat mengubah kadar glukosa darah secara signifikan dan meningkatkan risiko masalah akut dan jangka panjang. Hormon stres seperti kortisol dan katekolamin (*epinefrin* dan *norepinefrin*) dapat dikeluarkan dalam jumlah yang lebih besar selama aktivitas fisik yang intens. Hormon-hormon ini mendorong proses *glikogenolisis* dan *glukoneogenesis* di hati, yang dapat menyebabkan hiperglikemia atau peningkatan kadar glukosa darah secara tiba-tiba (Davies et al., 2022).

Jenis aktivitas fisik yang harus dihindari atau dilakukan di bawah pengawasan ketat pada penderita diabetes melitus meliputi latihan beban berat dengan repetisi rendah dan beban tinggi, lari cepat, latihan interval intensitas tinggi (HIIT) ekstrem, dan olahraga kompetitif yang membutuhkan perubahan intensitas secara tiba-tiba. Aktivitas-aktivitas ini dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah yang signifikan, terutama pada penderita diabetes melitus tipe 2 yang resistensi insulinnya tidak terkontrol dengan baik. Lebih lanjut, latihan anaerobik yang berat berpotensi meningkatkan tekanan darah dan beban kardiovaskular, sehingga kurang aman bagi penderita diabetes dan penyakit jantung bawaan *(American Diabetes Association,* 2025). Penderita diabetes melitus dengan neuropati perifer harus menghindari aktivitas fisik yang memberikan tekanan berlebihan pada ekstremitas bawah, seperti lari jarak jauh, lompat tali, olahraga dengan benturan berulang, futsal, bola basket, dan sepak bola, karena hal ini dapat meningkatkan risiko trauma kaki, lecet, dan luka yang berpotensi berkembang menjadi ulkus kaki diabetik. Gangguan sensasi nyeri pada neuropati seringkali menyebabkan cedera tidak terdeteksi, sehingga menunda pengobatan dan meningkatkan risiko infeksi (PERKENI, 2021).

Penderita diabetes dan retinopati diabetik harus menghindari latihan aktivitas yang meliputi angkat beban berat, sit-up yang berat, push-up berulang, dan latihan statis yang melibatkan kontrol pernapasan, aktivitas-aktivitas tersebut dapat meningkatkan tekanan intratoraks dan intraokular, yang berpotensi mengakibatkan perdarahan retina atau ablasi retina *(American Diabetes Association,* 2025). Secara bersamaan, penderita diabetes melitus dan nefropati diabetik harus menghindari aktivitas fisik yang secara signifikan dapat meningkatkan tekanan darah dalam durasi yang lama. Tindakan-tindakan ini dapat mengganggu fungsi ginjal dan mempercepat perkembangan cedera ginjal akibat peningkatan tekanan intraglomerular (Davies et al., 2022). Selain itu, aktivitas dengan risiko jatuh dan cedera yang signifikan, seperti seni bela diri, tinju, panjat tebing, dan aktvitas ekstrem lainnya, juga tidak dianjurkan bagi penderita yang mengalami masalah keseimbangan atau penglihatan. Cedera yang disebabkan oleh aktivitas ini dapat menyebabkan komplikasi yang signifikan, karena individu dengan diabetes biasanya mengalami proses penyembuhan luka yang lebih lambat (Yaribeygi et al., 2021).

2.1.4. Penatalaksanaan Diabetes Melitus

Penanganan diabetes melitus merupakan pendekatan komprehensif yang bertujuan untuk mengendalikan kadar gula darah, menghindari komplikasi, dan meningkatkan kualitas hidup pasien. Empat pilar perawatan diabetes melitus edukasi, terapi farmakologis, aktivitas fisik, dan terapi nutrisi medis sering digunakan dalam praktik klinis. Edukasi diabetes berperan sebagai landasan untuk mengelola penyakit, membekali pasien dengan pengetahuan tentang patofisiologi diabetes, pentingnya menjaga kadar glukosa darah, mencegah komplikasi, dan memungkinkan mereka untuk melakukan perawatan diri (manajemen diri). Edukasi yang berkelanjutan dan terstruktur telah menunjukkan peningkatan kepatuhan pasien terhadap pengobatan dan penurunan kadar HbA1c yang signifikan (*American Diabetes Association, 2025)*.

Pilar kedua adalah terapi nutrisi, yang terdiri dari modifikasi diet yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik individu dengan diabetes melitus. Perawatan ini berfokus pada menjaga kadar glukosa darah tetap stabil, mengelola berat badan, dan menurunkan kemungkinan masalah kardiovaskular. Mengelola asupan karbohidrat, lemak, protein, dan serat, bersama dengan pengaturan waktu makan yang tepat, telah terbukti secara signifikan meningkatkan kontrol glikemik dan sensitivitas insulin pada individu dengan diabetes melitus tipe 2, Selain itu, strategi nutrisi yang tepat juga membantu mengurangi resistensi insulin dan meningkatkan profil metabolik secara keseluruhan (*International Diabetes Federation,* 2025).

Pilar ketiga terdiri dari aktivitas fisik, yang merupakan aspek penting dari pengobatan diabetes melitus tanpa obat. Telah dibuktikan bahwa olahraga teratur, setidaknya 150 menit seminggu dengan intensitas ringan hingga sedang, meningkatkan sensitivitas insulin, menurunkan kadar glukosa darah dan HbA1c, serta meningkatkan penggunaan glukosa oleh otot rangka melalui metode yang tidak bergantung pada insulin. Aktivitas fisik berkontribusi untuk menurunkan risiko penyakit kardiovaskular dan meningkatkan kebugaran fisik pada individu dengan diabetes melitus (Davies et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021). Aktivitas fisik sangat mempengaruhi kadar glukosa darah melalui proses fisiologis dengan jangka pendek dan panjang. Selama aktivitas fisik, kontraksi otot rangka secara tajam meningkatkan kebutuhan energi dan merangsang penyerapan glukosa yang lebih besar oleh otot melalui mekanisme non-insulin *dependent*. Proses utama yang berperan adalah aktivasi protein kinase yang diaktifkan oleh sensor energi seluler (AMPK), yang mendorong pergerakan GLUT-4 ke membran sel otot, memungkinkan glukosa masuk ke dalam sel bahkan dalam kondisi resistensi insulin (Richter & Hargreaves, 2021).

Olahraga teratur dapat meningkatkan sensitivitas insulin, meningkatkan fungsi reseptor insulin, meningkatkan aliran darah ke jaringan otot, dan meningkatkan kapasitas oksidatif serta produksi mitokondria. Modifikasi ini menghasilkan peningkatan penggunaan glukosa dan penurunan kadar glukosa darah puasa dan

setelah makan. Selain itu, aktivitas fisik dapat menurunkan kadar lemak visceral, yang secara signifikan mempengaruhi resistensi insulin (Davies et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021). Aktivitas fisik yang disarankan untuk penderita diabetes melitus meliputi latihan aerobik, latihan kekuatan (latihan resistensi), latihan fleksibilitas, dan latihan keseimbangan. Latihan aerobik dengan intensitas ringan hingga sedang, termasuk berjalan kaki, bersepeda, berenang, senam yang berfokus pada diabetes, dan *aerobic low impact*, telah terbukti efektif dalam menurunkan kadar glukosa darah dan meningkatkan kontrol glikemik (Shah et al., 2021). Latihan kekuatan dengan intensitas ringan hingga sedang, seperti menggunakan *resistance band* atau beban ringan, membantu meningkatkan massa otot dan sensitivitas insulin. Latihan yang meningkatkan fleksibilitas dan keseimbangan, seperti *tai chi* dan peregangan, membantu mencegah cedera dan meningkatkan kualitas hidup, khususnya bagi lansia penderita diabetes *(American Diabetes Association,* 2025).

Tingkat aktivitas fisik pada individu dengan diabetes melitus dipengaruhi oleh berbagai faktor individu, klinis, dan psikologis. Faktor individu terdiri dari usia, jenis kelamin, pendidikan, kesadaran tentang diabetes, keterbatasan waktu, dan kurangnya pengetahuan tentang manfaat beraktivitas fisik seringkali menjadi hambatan yang signifikan. Faktor klinis seperti lamanya penyakit, manajemen glikemik yang tidak memadai, dan komplikasi kronis yang ada, seperti neuropati perifer, retinopati, dan masalah kardiovaskular yang dapat membatasi kemampuan individu untuk berpartisipasi dalam beraktivitas fisik dengan aman dan konsisten. Kecemasan tentang hipoglikemia, kelelahan, dan ketidaknyamanan juga berperan dalam penurunan aktivitas fisik pada individu dengan diabetes melitus, terutama pada mereka yang menderita diabetes melitus tipe 2 *(American Diabetes Association, 2025*; Rietz et al., 2022).

Unsur psikososial dan lingkungan secara signifikan juga dapat memengaruhi tingkat aktivitas fisik pada individu dengan diabetes melitus. Motivasi, efikasi diri, dan persepsi manfaat aktivitas fisik berkorelasi positif dengan rutin beraktivitas

fisik, sedangkan stres, kecemasan, dan depresi umumnya mengurangi partisipasi dalam aktivitas fisik. Dukungan keluarga, penyedia layanan kesehatan, dan keberadaan fasilitas dan program aktivitas fisik yang aman dan terorganisir di masyarakat telah terbukti meningkatkan partisipasi jangka panjang individu dengan diabetes dalam aktivitas fisik. Di sisi lain, kurangnya dukungan, sumber daya yang tidak mencukupi, dan gaya hidup tidak aktif dapat menimbulkan hambatan yang signifikan. Intervensi yang berfokus pada aktivitas fisik untuk individu dengan diabetes melitus harus mempertimbangkan aspek psikologis, sosial, dan lingkungan untuk secara efektif membantu pengelolaan glukosa darah (Davies et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021).

Pilar keempat adalah pengobatan farmakologis, yang diberikan ketika pengelolaan gula darah tidak dapat diperoleh hanya melalui perubahan gaya hidup. Pengobatan farmakologis melibatkan pemberian obat antidiabetes oral dan/atau insulin, yang disesuaikan dengan status klinis pasien, usia, durasi penyakit, dan kondisi penyerta yang ada. Mengikuti pengobatan farmakologis yang diresepkan sangat penting untuk mencapai kadar glikemik ideal dan menghindari ketidakstabilan glukosa darah. Penggabungan yang efektif pengobatan farmakologis dengan tiga pilar lainnya telah terbukti menghasilkan hasil yang lebih baik dalam pengendalian diabetes melitus jangka panjang (*American Diabetes Association, 2025; International Diabetes Federation, 2025*).

2.2. Kadar Glukosa Darah

2.2.1. Pengertian Kadar Glukosa Darah

Kadar glukosa darah merupakan indikator penting dari kondisi metabolisme seseorang dan efektivitas pengobatan diabetes melitus. Dalam keadaan normal, kadar glukosa darah dijaga dalam kisaran fisiologis melalui sistem *homeostasis* yang mencakup keseimbangan antara insulin dan hormon pengatur seperti glukagon dan katekolamin. Pada individu dengan diabetes melitus, proses pengaturan ini terganggu, menyebabkan variasi yang signifikan pada kadar glukosa darah, yang menyebabkan hiperglikemia dan hipoglikemia (Richter & Hargreaves, 2021).

2.2.2. Klasifikasi Kadar Glukosa Darah

Berdasarkan pedoman nasional terkini untuk pengelolaan diabetes melitus yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, klasifikasi kadar glukosa darah diuraikan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Kadar Glukosa Darah Menurut Kemenkes RI

Parameter	Normal	Prediabetes	Diabetes
Gula Darah Puasa (GDP)	< 100 mg/dL	100-125 mg/dL	≥ 126 mg/dL
Gula Darah 2 Jam Setelah Makan (GD2PP)	< 140 mg/dL	140-199 mg/dL	≥ 200 mg/dL
Gula Darah Sewaktu (GDS)	< 200 mg/dL	-	≥ 200 mg/dL + gejala
HbA1c	< 5,7 %	5,7-6,4 %	≥ 6,5 %

(Kemenkes RI, 2023; PERKENI, 2021)

2.2.3. Ketidakstabilan Kadar Glukosa Darah

Penderita diabetes melitus, khususnya tipe 1 dan tipe 2, sering mengalami ketidakstabilan glukosa darah, suatu kondisi yang ditandai dengan fluktuasi kadar gula darah yang sering dan tidak terkendali antara hiperglikemia dan hipoglikemia. Kondisi ini tidak hanya menunjukkan kurangnya tubuh dapat menjaga kadar gula darah (glukosa) tetap stabil, tetapi juga mengungkapkan ketidakseimbangan yang kompleks dalam sistem *homeostasis* glukosa yang melibatkan interaksi sekresi insulin, sensitivitas insulin, dan hormon pengatur balik. Ketidakstabilan atau perubahan kadar glukosa darah sepanjang hari yang tinggi, telah diidentifikasi sebagai indikator penting selain kadar glukosa rata-rata dan HbA1c dalam mengevaluasi efektivitas manajemen diabetes melitus (Davies et al., 2022).

Perubahan kadar glukosa darah yang parah dan terus-menerus dapat menyebabkan pembentukan radikal bebas dan *spesies oksigen reaktif* (ROS). Kondisi ini menciptakan ketidakseimbangan antara pembentukan radikal bebas dan pertahanan antioksidan tubuh, yang mengakibatkan kerusakan sel dan peradangan yang terus-menerus. Stres oksidatif kronis sangat penting dalam menyebabkan disfungsi

endotel vaskular, yaitu gangguan pada lapisan dalam pembuluh darah yang mengontrol aliran darah dan tekanan vaskular. Gangguan endotel ini merupakan fase awal aterosklerosis pada individu dengan diabetes melitus (Yaribeygi et al., 2021). Ketidakstabilan kadar glukosa darah mempercepat timbulnya komplikasi di pembuluh darah kecil seperti nefropati diabetik, neuropati perifer, dan retinopati diabetik, yang diakibatkan oleh cedera kapiler dan penurunan perfusi jaringan. Bersamaan dengan itu, variasi kadar glukosa darah meningkatkan kemungkinan masalah di pembuluh darah besar seperti penyakit jantung koroner, stroke, dan penyakit arteri perifer, karena peningkatan peradangan sistemik, aktivasi trombosit, dan peningkatan kekakuan pembuluh darah (Davies et al., 2022).

Hipoglikemia berulang, sebagai komponen dari kadar glukosa darah yang tidak menentu, juga membawa implikasi klinis yang signifikan. Episode hipoglikemia dapat menyebabkan defisit kognitif, penurunan kesadaran, gangguan jantung, dan berpotensi kematian mendadak, terutama pada penderita diabetes yang menderita penyakit kardiovaskular. Selain efek fisiologisnya, hipoglikemia juga membawa dampak psikologis, termasuk peningkatan kecemasan yang pada akhirnya dapat menghambat kepatuhan terhadap manajemen diabetes (Salabia et al., 2024). Oleh karena itu, kadar glukosa darah yang tidak stabil bukan hanya akibat dari manajemen diabetes yang tidak memadai, tetapi juga merupakan faktor patogenik independen yang memperburuk perkembangan penyakit dan menurunkan kualitas hidup penderita diabetes melitus. Akibatnya, strategi manajemen diabetes harus menargetkan tidak hanya pengurangan kadar glukosa darah rata-rata, tetapi juga meminimalkan ketidakstabilan glukosa darah melalui metode menyeluruh yang mencakup pengobatan, modifikasi diet, dan peningkatan aktivitas fisik yang disengaja dan berkelanjutan (Davies et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021).

2.2.4. Faktor Yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Kadar Glukosa Darah

Ketidakstabilan kadar glukosa darah dipengaruhi oleh berbagai elemen yang saling berinteraksi, meliputi faktor biologis, perilaku, dan psikososial. Faktor penting adalah ketidakpatuhan dalam menerapkan 4 pilar penatalaksanaan diabetes melitus.

Ketidakpatuhan dalam pengobatan ini sering menyebabkan kejadian hiperglikemia yang berulang dan dalam beberapa kasus, juga dapat memicu hipoglikemia, terutama jika dosis obat tidak disesuaikan dengan asupan makanan atau aktivitas fisiknya (Davies et al., 2022). Pola makan yang tidak teratur juga berperan besar dalam ketidakstabilan glukosa darah. Mengonsumsi makanan dengan indeks glikemik tinggi, mengonsumsi terlalu banyak karbohidrat, memiliki waktu makan yang tidak teratur, dan tidak mengatur ukuran porsinya dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah setelah makan. Selain itu, ketidaksesuaian antara konsumsi makanan dan pengobatan antidiabetes juga dapat meningkatkan kemungkinan hipoglikemia, terutama pada individu yang menggunakan insulin atau obat *sulfonilurea* (Yaribeygi et al., 2021).

Salah satu faktor gaya hidup yang sangat berpengaruh adalah kurangnya aktivitas fisik. Kurangnya aktivitas fisik mengakibatkan penurunan sensitivitas insulin dan kapasitas otot rangka yang lebih rendah untuk menggunakan glukosa sebagai energi. Kondisi ini memperburuk resistensi insulin dan meningkatkan kadar glukosa darah baik saat puasa maupun setelah makan. Banyak penelitian menunjukkan bahwa aktivitas fisik secara signifikan memengaruhi kontrol glikemik, bahkan memiliki pengaruh yang lebih konsisten dibandingkan pengaturan asupan makronutrien saja, dengan demikian kurangnya aktivitas fisik muncul sebagai faktor kunci yang menyebabkan ketidakstabilan glukosa darah pada individu dengan diabetes melitus (Rietz et al., 2022). Stres psikologis juga merupakan faktor penting yang sering diabaikan. Stres jangka panjang mengakibatkan peningkatan hormon stres seperti kortisol dan katekolamin, yang dapat mendorong glukoneogenesis dan glikogenolisis di hati, sehingga meningkatkan kadar glukosa darah. Selain dampak fisiologisnya, stres dapat menyebabkan kepatuhan yang lebih rendah terhadap pengobatan, mengganggu kebiasaan makan, dan mengurangi motivasi untuk melakukan aktivitas fisik, yang semuanya secara tidak langsung dapat memperburuk kontrol glikemik (Yaribeygi et al., 2021).

Faktor biologis lain yang memengaruhi ketidakstabilan glukosa darah adalah usia. Penuaan dikaitkan dengan penurunan fungsi sel β pankreas, peningkatan resistensi insulin, perubahan komposisi tubuh (peningkatan lemak *visceral* dan penurunan massa otot), dan penurunan aktivitas fisik. Reaksi terhadap pengobatan dapat bervariasi karena komorbiditas, penurunan fungsi ginjal atau hati, dan risiko polifarmasi, yang dapat meningkatkan kemungkinan hipoglikemia dan hiperglikemia dapat terjadi pada usia produktif khususnya pada usia produktif 2. Kemenkes RI mengklasifikasikan kelompok usia produktif menjadi 2 yaitu usia produktif 1 yang berusia 20-39 tahun dan usia produktif 2 yaitu berusia 40-59 tahun. Selain itu, kemampuan manajemen diri seperti mengikuti diet, melakukan aktivitas fisik, dan memantau glukosa darah dapat memburuk seiring bertambahnya usia, sehingga berdampak pada stabilitas glukosa darah (Kemenkes RI, 2020).

Faktor yang dapat menyebabkan ketidakstabilan glukosa darah yaitu infeksi dan kondisi inflamasi akut, dengan melalui peningkatan respons inflamasi sistemik dan pelepasan hormon kontra-insulin. Bahkan penderita diabetes melitus yang menjalani pengobatan pun akan mengalami peningkatan kebutuhan energi dan resistensi insulin dalam waktu singkat, yang akan mengakibatkan kadar glukosa darah tidak stabil. Infeksi pada kaki, saluran kemih, dan saluran pernapasan sering terjadi pada penderita diabetes (Davies et al., 2022). Kadar glukosa darah yang tidak stabil juga dapat disebabkan oleh penggunaan obat yang tidak tepat. Banyak obat dapat menyebabkan resistensi insulin dan meningkatkan kadar glukosa darah, termasuk kortikosteroid, diuretik tiazid, dan obat-obatan psikiatri. Penggunaan obat tanpa adanya pengawasan yang memadai dapat menyebabkan fluktuasi glukosa darah yang sulit dikendalikan (Rietz et al., 2022). Penderita diabetes melitus mungkin mengalami fluktuasi kadar glukosa darah karena berbagai alasan yang saling terkait. Variabel gaya hidup, terutama rendahnya tingkat aktivitas fisik pada penderita diabetes melitus, merupakan penyebab utama resistensi insulin dan penggunaan glukosa yang buruk oleh jaringan tubuh. Perbaikan pola makan, peningkatan aktivitas fisik, pengelolaan stres, serta peningkatan kepatuhan terhadap

pengobatan secara berkelanjutan menjadi pendekatan komprehensif dalam pengendalian glukosa darah agar optimal (Rietz et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021).

2.2.5. Hubungan Aktivitas Fisik Dengan Kadar Glukosa Darah

Tingkat aktivitas fisik yang tinggi dikaitkan dengan kadar glukosa darah yang lebih rendah dan lebih stabil pada penderita diabetes melitus, menunjukkan hubungan terbalik dan konsisten antara kadar glukosa darah dan aktivitas fisik. Peningkatan aktivitas fisik pada penderita diabetes melitus memiliki dampak signifikan pada penurunan kadar glukosa darah puasa, glukosa darah setelah makan, dan hemoglobin terglikasi (HbA1c) sebagai penanda kontrol glikemik jangka panjang. Efek ini lebih terlihat pada diabetes melitus tipe 2, tetapi terdapat pada semua kelompok usia, jenis kelamin, dan jenis penyakit (Shah et al., 2021). Tingkat aktivitas fisik baik selama maupun setelah berolahraga memiliki dampak besar pada pengelolaan glukosa darah melalui peningkatan konsumsi glukosa otot rangka. Bahkan dalam kasus resistensi insulin, kontraksi otot menurunkan kadar glukosa darah dengan meningkatkan penyerapan glukosa melalui proses yang tidak bergantung pada insulin. Selain itu, olahraga teratur dapat meningkatkan kapasitas metabolisme jaringan perifer, meningkatkan sensitivitas insulin, memperbaiki fungsi reseptor insulin, dan membantu menjaga pengelolaan glukosa darah jangka panjang yang lebih stabil (Richter & Hargreaves, 2021).

Menurut sejumlah studi observasional dan uji klinis, penderita diabetes yang menjalani gaya hidup aktif memiliki variabilitas glukosa darah yang lebih rendah dari pada mereka yang menjalani gaya hidup kurang aktif. Penurunan ketidakstabilan glukosa darah mungkin terkait dengan penurunan stres oksidatif dan penundaan timbulnya masalah pada pembuluh darah kecil dan besar. Olahraga fisik intensitas ringan hingga sedang secara teratur selama setidaknya 150 menit per minggu terbukti secara signifikan menurunkan HbA1c sebesar 0,5–1,0%, yang merupakan peningkatan yang bermakna secara klinis dalam mengendalikan diabetes melitus, menurut sebuah meta-analisis (Rietz et al., 2022; Shah et al., 2021). Selain pada metaboliknya, melakukan aktivitas fisik dapat membantu

menurunkan faktor risiko kardiovaskular yang sering dikaitkan dengan diabetes melitus, termasuk hipertensi, dislipidemia, dan obesitas. Aktivitas fisik membantu menurunkan berat badan dan lemak visceral, yang menyebabkan penurunan resistensi insulin dan peningkatan profil lipid, yang pada gilirannya secara tidak langsung meningkatkan kontrol glikemik. Penelitian longitudinal menunjukkan bahwa penderita diabetes yang aktif secara fisik mengalami penurunan risiko hiperglikemia berkelanjutan, penyakit jantung koroner, stroke, dan kematian akibat penyakit kardiovaskular dibandingkan dengan mereka yang kurang aktif (Rietz et al., 2022).

Selain itu, melakukan aktivitas fisik secara aktif memengaruhi kesejahteraan mental penderita diabetes melitus dengan mengurangi stres, kecemasan, dan depresi, yang merupakan faktor-faktor yang dapat menyebabkan ketidakstabilan glukosa darah. Peningkatan kesejahteraan psikologis ini meningkatkan kepatuhan terhadap pengobatan dan pengelolaan gaya hidup, sehingga memperkuat hubungan yang bermanfaat antara aktivitas fisik dan pengaturan glukosa darah (Yaribeygi et al., 2021). Artinya, aktivitas fisik dan kadar glukosa darah bersifat langsung melalui proses fisiologis dan tidak langsung melalui perbaikan faktor risiko metabolik dan psikososial. Oleh karena itu, aktivitas fisik yang konsisten, terorganisir, dan personal sangat penting dalam mengelola diabetes melitus untuk mencapai pengaturan glikemik yang ideal dan mencegah komplikasi jangka panjang (Rietz et al., 2022; Shah et al., 2021).

2.3. Senam *Aerobic Low Impact*

2.3.1. Pengertian Senam *Aerobic Low Impact*

Latihan *aerobic low impact* mengacu pada jenis latihan aerobik dengan intensitas ringan hingga sedang yang menampilkan gerakan ritmis, berkelanjutan, dan halus, memastikan setidaknya satu kaki tetap berada di tanah selama latihan (Hanifah, A, 2024). Aktivitas ini diklasifikasikan sebagai latihan aerobik karena secara konsisten mengaktifkan kelompok otot besar dan bergantung pada sistem energi oksidatif sebagai sumber energi utamanya (Richter & Hargreaves, 2021). Menurut pedoman

aktivitas fisik dari *American Diabetes Association*, latihan aerobik intensitas ringan–sedang sangat direkomendasikan bagi individu dengan diabetes melitus karena relatif aman dan efektif dalam mengontrol glikemia *(American Diabetes Association,* 2025). Tidak adanya lompatan dan berkurangnya tekanan pada persendian membuat aktivitas *aerobic low impact* lebih aman dari pada *high impact exercise*, terutama untuk individu yang lebih tua dan mereka yang mengalami masalah neuropati perifer ringan (Ardian et al., 2024). Latihan ini secara klinis mudah disesuaikan dengan kemampuan individu, meningkatkan kepatuhan dan keberlangsungan program (Rini, N, P & Musta, 2024).

2.3.2. Manfaat Senam *Aerobic Low Impact*

Latihan *aerobic low impact* memiliki beberapa keuntungan fisiologis dan terapeutik sebagai jenis aktivitas fisik, terutama dalam hal mengontrol kadar glukosa darah pada penderita diabetes. Melalui kontraksi otot besar yang teratur dan berkepanjangan, latihan ini secara fisiologis meningkatkan penggunaan glukosa oleh otot rangka, meningkatkan kebutuhan energi dan menggunakan glukosa darah sebagai sumber energi utama (Richter & Hargreaves, 2021). Peningkatan aktivitas otot juga meningkatkan aliran darah perifer, membantu pengiriman oksigen dan nutrisi ke jaringan, dan membantu peningkatan fungsi endotel vaskular, yang pada akhirnya membantu stabilisasi kadar glukosa darah secara bertahap (Yaribeygi et al., 2021). Selain efek metabolik langsung, aktivitas aerobik intensitas ringan hingga sedang, seperti latihan *aerobic low impact*, dikenal dapat meningkatkan sensitivitas insulin selama berjam-jam atau bahkan berhari-hari setelah latihan, yang membantu mengatur glikemia baik secara akut maupun jangka panjang (Davies et al., 2022).

Sudut pandang klinis, aktivitas *aerobic low impact* cukup mudah dilakukan karena menghindari lompatan atau gerakan berdampak tinggi, sehingga lebih aman bagi penderita diabetes, seperti lansia dan orang yang rentan terhadap cedera sendi atau neuropati ringan (Rini, N, P & Musta, 2024). Tingkat keamanan dan kenyamanan ini secara signifikan meningkatkan dedikasi dan kepatuhan terhadap program

latihan fisik jangka panjang, yang sangat penting untuk pengobatan diabetes tanpa obat *(International Diabetes Federation, 2024)*. Penderita diabetes yang merasa nyaman dan tidak mengalami kelelahan ekstrem umumnya lebih teratur dalam berpartisipasi dalam latihan fisik, sehingga mempertahankan manfaat metabolik jangka panjang yang telah dicapai (Rini, N, P & Musta, 2024).

Banyak penelitian secara empiris menunjukkan efektivitas latihan *aerobic low impact* dalam menurunkan kadar glukosa darah. Sebuah studi kuasi-eksperimental yang menampilkan kelompok kontrol menunjukkan penurunan rata-rata kadar glukosa darah sebesar 57 mg/dL setelah memperkenalkan program *aerobic low impact* dibandingkan dengan kelompok yang tidak berpartisipasi dalam intervensi ($p = 0,004$), bersamaan dengan peningkatan sirkulasi darah pada individu dengan diabetes tipe 2 (Dewa, Dimas et al., 2023). Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas fisik terorganisir dapat menyebabkan perubahan yang berarti pada metrik glikemik. Selain itu, sebuah penelitian lain yang melibatkan lansia dengan pradiabetes menunjukkan bahwa *aerobic low impact* berpengaruh positif terhadap kadar gula darah sewaktu, yang menegaskan efektivitasnya sebagai aktivitas fisik yang sesuai dengan kebutuhan individu lansia (Ardian et al., 2024).

2.3.3. Mekanisme Senam *Aerobic Low Impact* Terhadap Kadar Glukosa Darah

Telah dibuktikan bahwa penderita diabetes melitus tipe 2 dapat menurunkan kadar glukosa darah mereka secara signifikan dengan melakukan senam *aerobic low impact* secara teratur tiga kali seminggu. Olahraga aerobik ringan selama 20–25 menit tiga kali seminggu dengan selang waktu setiap dua hari secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah rata-rata pada penderita diabetes melitus, menurut penelitian kuasi-eksperimental (nilai $p < 0,05$) (Fathoni et al., 2024). Secara teori, jangka waktu 20–25 menit memungkinkan tubuh mencapai tahap utama metabolisme aerobik, di mana otot rangka bergantung pada glukosa dan asam lemak sebagai sumber energi utama melalui fosforilasi oksidatif di mitokondria (Richter & Hargreaves, 2021). Selama beberapa menit pertama aktivitas fisik, tubuh bergantung pada glikogen otot untuk energi langsung, namun setelah 10 hingga 15

menit kontraksi ritmis terus menerus, kebutuhan energi meningkat, menyebabkan penyerapan glukosa yang lebih besar dari aliran darah untuk mempertahankan produksi ATP yang konsisten. Proses ini menyebabkan penurunan tajam kadar gula darah selama dan setelah beraktivitas. Program latihan *aerobic low impact* yang direncanakan selama satu minggu, dilakukan tiga kali seminggu, terbukti secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah dibandingkan dengan nilai sebelum intervensi. Peningkatan sensitivitas insulin dan pemanfaatan glukosa otot rangka yang lebih tinggi karena kontraksi otot yang teratur dan berulang selama latihan *aerobic low impact* dikaitkan dengan penurunan kadar glukosa darah (Fithriati & Kurniawati, 2025).

Secara fisiologis, aktivitas *aerobic low impact* dapat menurunkan kadar glukosa darah dengan meningkatkan kontraksi otot rangka, yang meningkatkan kebutuhan energi dan penggunaan glukosa sebagai substrat metabolik utama. Kontraksi otot memulai aktivasi protein kinase yang diaktifkan AMP (AMPK), yang penting untuk translokasi GLUT-4 ke membran sel otot tanpa bergantung pada insulin. Proses ini memfasilitasi peningkatan penyerapan glukosa oleh sel otot bahkan dalam kondisi resistensi insulin, sehingga sangat penting bagi individu dengan diabetes melitus tipe 2 (Richter & Hargreaves, 2021). Selain efek langsung, olahraga *aerobic low impact* yang konsisten menyebabkan perubahan metabolik yang bertahan lama, seperti peningkatan sensitivitas insulin, kinerja mitokondria yang lebih baik, dan peningkatan kapasitas oksidatif otot. Modifikasi ini membantu menurunkan resistensi insulin dan membantu mempertahankan kadar glukosa darah yang stabil dari waktu ke waktu, sehingga menurunkan kemungkinan komplikasi diabetes melitus (Davies et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021).

Frekuensi tiga kali seminggu dengan jarak setiap dua hari sekali juga memiliki dasar fisiologis yang kuat. Setelah satu sesi latihan aerobik, sensitivitas insulin meningkat dan dapat bertahan selama sekitar 24–48 jam, oleh karena itu memberikan rangsangan olahraga setiap dua hari sekali mempertahankan manfaat peningkatan sensitivitas insulin sambil menghindari tekanan berlebihan pada sistem

muskuloskeletal (Davies et al., 2022). Pola ini memfasilitasi perubahan metabolisme secara bertahap, termasuk peningkatan kuantitas dan efektivitas mitokondria, peningkatan aktivitas enzim oksidatif (misalnya, *sitrat sintase* dan *oksidase*), dan peningkatan kapasitas oksidasi glukosa dan asam lemak. Penyesuaian ini menyebabkan penurunan resistensi insulin yang berkelanjutan dan membantu dalam menjaga kadar glukosa darah lebih stabil dari waktu ke waktu. Sebuah studi oleh Fithriati & Kurniawati (2025) menunjukkan bahwa program *aerobic low impact* yang terorganisir selama satu minggu dengan tiga sesi menyebabkan penurunan kadar glukosa darah yang signifikan dibandingkan sebelum intervensi. Hal ini menunjukkan bahwa bahkan dalam jangka waktu singkat, kontraksi otot yang berkelanjutan dan berulang dapat memicu reaksi metabolik yang signifikan. Dalam jangka panjang, Latihan *aerobic low impact* menurunkan konsentrasi *sitokin pro-inflamasi* dan meningkatkan kinerja *endotel vaskular*, yang keduanya berkontribusi pada perkembangan resistensi insulin pada diabetes tipe 2 (Yaribeygi et al., 2021).

2.4. Standar Operasional Prosedur Senam *Aerobic Low Impact*

2.4.1. Judul SOP

Pelaksanaan senam *aerobic low impact* pada penderita diabetes melitus di Desa Kalikangkung.

2.4.2. Tujuan

Sebagai pedoman pelaksanaan senam *aerobic low impact* yang aman, terstruktur, dan efektif dalam membantu mengontrol kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus di Desa Kalikangkung.

2.4.3. Ruang Lingkup

SOP ini berlaku untuk seluruh kegiatan senam *aerobic low impact* yang dilaksanakan di Desa Kalikangkung, meliputi tahap persiapan, pelaksanaan, evaluasi, dan monitoring pada penderita diabetes melitus.

2.4.4. Definisi Operasional

Senam *aerobic low impact* merupakan salah satu bentuk latihan aerobik dengan intensitas rendah hingga sedang yang ditandai oleh gerakan ritmis dan berkesinambungan tanpa hentakan, di mana salah satu kaki selalu berada di permukaan lantai, sehingga aman bagi penderita diabetes melitus.

2.4.5. Sasaran

Penderita diabetes melitus yang berada di wilayah Desa Kalikangkung dan dinyatakan layak melakukan aktivitas fisik.

2.4.6. Penanggung Jawab

Pelaksanaan senam *aerobic low impact* di taanggungjawabkan oleh kepala Desa Kalikangkung, petugas kesehatan, mahasiswa dan kader kesehatan terlatih.

2.4.7. Peralatan dan Sarana

Peralatan yang digunakan yaitu alat ukur glukosa darah (*glucometer*), alat ukur tekanan darah, *stopwatch* / jam, speaker dan musik, lembar absensi dan pencatatan hasil.

2.4.8. Prosedur Pelaksanaan

2.4.8.1. Tahap Persiapan

Petugas melakukan pendataan peserta senam selanjutnya peserta dilakukan pemeriksaan tekanan darah dan kadar glukosa darah sebelum senam, senam dapat dilakukan apabila kadar glukosa darah berada pada kisaran 125–300 mg/dL dan tekanan darah dalam batas aman, peserta menggunakan pakaian dan alas kaki yang nyaman, dan petugas memberikan penjelasan singkat mengenai tujuan dan tata cara senam.

2.4.8.2. Tahap Pemanasan

Peserta melakukan peregangan ringan untuk otot leher, bahu, lengan, pinggang, dan kaki selama tahap pemanasan sebelum latihan utama. Pemanasan dilakukan dengan lancar dan disesuaikan dengan kemampuan masing-masing individu untuk meminimalkan risiko cedera dan mencegah peningkatan detak jantung secara tiba-tiba. Menurut rekomendasi beraktvitas untuk individu dengan diabetes melitus tipe 2, pemanasan dilakukan sekitar 5–10 menit disarankan sebelum aktivitas utama, dengan setiap peregangan dinamis dipertahankan selama kurang lebih 15–30 detik dan dilakukan 1–2 kali (*American Diabetes Association*, 2025). Gerakan peregangan dipilih untuk fase awal karena peregangan dinamis dianggap lebih aman dari pada peregangan statis yang berkepanjangan sebelum aktivitas aerobik, khususnya bagi penderita diabetes yang berisiko mengalami neuropati perifer. Peregangan dinamis yang lembut membantu meningkatkan sirkulasi darah, meningkatkan fleksibilitas sendi, dan mengurangi kekakuan otot tanpa mengurangi kekuatan kontraksi otot secara signifikan (Davies et al., 2022). Dalam penelitian ini, setiap gerakan pemanasan berlangsung sekitar 30 detik dan dilakukan dua kali, dengan total sekitar 1 menit. Kerangka waktu ini dianggap cukup untuk meningkatkan suhu otot, meningkatkan fleksibilitas jaringan, dan mempersiapkan sistem kardiovaskular untuk fase latihan aerobik sambil meminimalkan risiko hipoglikemia mendadak (Davies et al., 2022).



Gambar 2.1 Peregangan otot tangan

Peregangan otot tangan membantu meningkatkan sirkulasi darah perifer dan memicu kontraksi ringan pada otot rangka ekstremitas atas, meningkatkan penyerapan glukosa oleh sel otot melalui proses yang tidak bergantung pada insulin. Aktivasi otot rangka, bahkan pada intensitas rendah, telah ditemukan dapat mendorong translokasi GLUT-4 ke membran sel otot, sehingga membantu penurunan kadar glukosa darah secara bertahap. Penelitian dalam fisiologi beraktivitas fisik menunjukkan bahwa tubuh bagian atas dapat lebih membantu dalam pengelolaan glikemik, terutama bagi individu dengan diabetes melitus tipe 2 yang mengalami keterbatasan mobilitas (Davies et al., 2022; Richter & Hargreaves, 2021).



Gambar 2.2 Peregangan otot tangan dan pinggang ke kanan dan kiri

Secara fisiologis, peregangan otot punggung bawah dan pinggang merangsang otot inti, seperti otot erector spinae, otot *oblique*, dan otot perut, yang berkontribusi pada stabilitas *postural* dan metabolisme energi. Pengaktifan otot inti, bahkan pada intensitas minimal, meningkatkan kebutuhan energi lokal dan mendorong penggunaan glukosa sebagai bahan bakar metabolisme (Yaribeygi et al., 2021). Kontraksi lembut dan berulang yang berlangsung sekitar 30 detik dapat secara efektif meningkatkan sirkulasi darah lokal dan meningkatkan pasokan oksigen ke jaringan yang terlibat, sehingga membantu meningkatkan sensitivitas insulin di area

otot ini (Davies et al., 2022). Secara teori, selama peregangan dinamis, ketika otot inti berkontraksi, rasio AMP/ATP dalam sel otot meningkat, yang mengarah pada aktivasi jalur metabolisme seperti AMPK, yang mendorong peningkatan translokasi GLUT-4 ke membran sel otot dan penyerapan glukosa yang lebih besar dari aliran darah (Richter & Hargreaves, 2021).



Gambar 2.3 Peregangan otot tangan dan punggung belakang

Peregangan otot punggung meningkatkan aliran darah ke jaringan otot punggung dan meningkatkan efektivitas metabolisme glukosa. Latihan ini mengurangi kekakuan otot, mengurangi ketegangan muskuloskeletal, dan menurunkan reaksi tubuh terhadap hormon stres seperti kortisol, yang dikenal dapat meningkatkan kadar glukosa darah. Banyak penelitian menunjukkan bahwa mengurangi stres fisiologis dan meningkatkan perfusi otot melalui peregangan membantu menstabilkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus (Shah et al., 2021; Yaribeygi et al., 2021).



Gambar 2.4 Peregangan otot bahu

Peregangan otot bahu meningkatkan fleksibilitas sendi dan merangsang otot deltoid dan otot pendukung skapula, yang menyebabkan peningkatan penggunaan glukosa oleh otot rangka. Selain itu, peregangan bahu membantu mengurangi kekakuan otot dan meningkatkan kenyamanan saat melakukan aktivitas fisik yang berkepanjangan. Studi menunjukkan bahwa peningkatan kenyamanan dan fleksibilitas sendi melalui peregangan dapat meningkatkan kepatuhan terhadap aktivitas fisik, yang pada gilirannya secara positif memengaruhi pengelolaan glukosa darah jangka Panjang (*American Diabetes Association*, 2025; Rietz et al., 2022).



Gambar 2.5 Peregangan otot tangan, pinggang dan kaki

Kelompok otot terbesar di tubuh terdiri dari otot kaki, yang sangat penting untuk penyerapan glukosa. Peregangan otot kaki meningkatkan sirkulasi darah, pasokan oksigen ke jaringan, dan mempersiapkan otot untuk kontraksi puncak. Keterlibatan otot-otot utama di tungkai bawah telah terbukti meningkatkan penyerapan glukosa melalui aktivasi GLUT-4 dan AMPK, sehingga sangat membantu dalam penurunan kadar glukosa darah dan peningkatan sensitivitas insulin (Richter & Hargreaves, 2021; Shah et al., 2021).



Gambar 2.6 Peregangan otot kaki dan melatih keseimbangan

Peregangan otot kaki bersamaan dengan latihan keseimbangan meningkatkan kinerja neuromuskular dan mendorong keterlibatan otot secara simultan dan berkelanjutan. Latihan ini meningkatkan penggunaan glukosa oleh otot, menurunkan resistensi insulin, dan meminimalkan kemungkinan jatuh pada penderita diabetes, terutama pada lansia. Studi longitudinal menunjukkan bahwa latihan keseimbangan dan fleksibilitas yang konsisten bermanfaat untuk pengendalian glikemik, menurunkan variabilitas glukosa darah, dan meningkatkan kualitas hidup pada penderita diabetes *(American Diabetes Association*, 2025; Yaribeygi et al., 2021).

2.4.8.3. Tahap Inti Senam

Tahap utama latihan merupakan bagian penting dari sesi *aerobic low impact*, karena pada tahap inilah intensitas latihan untuk memastikan metabolisme *oksidatif* yang optimal. Menurut rekomendasi latihan untuk individu dengan diabetes melitus tipe 2, latihan aerobik yang efektif untuk menurunkan kadar glukosa darah harus berlangsung setidaknya 20–30 menit per sesi, dengan fase utama sekitar 15–20 menit setelah periode pemanasan (*American Diabetes Association*, 2025; Davies et al., 2022). Dalam penelitian ini, 18 gerakan latihan penting dilakukan dengan total waktu sekitar 15–18 menit, dengan setiap gerakan dipertahankan selama sekitar 45–60 detik dan istirahat minimal di antara gerakan. Alokasi waktu ini didasarkan pada gagasan bahwa kontraksi otot yang substansial yang dipertahankan setidaknya selama 10–15 menit diperlukan untuk menginduksi peningkatan penyerapan glukosa yang bermakna secara fisiologis (Shah et al., 2021).



Gambar 2.7 Melakukan jalan ditempat

Berjalan di tempat adalah latihan *aerobic low impact* yang secara efisien meningkatkan penyerapan glukosa oleh otot inti, kelompok otot terbesar di tubuh. Kontraksi otot kaki yang sering meningkatkan penggunaan glukosa untuk energi dan menurunkan resistensi insulin. Banyak temuan penelitian menunjukkan bahwa berjalan, seperti berjalan di tempat, sangat mengurangi kadar gula darah puasa dan setelah makan pada individu dengan diabetes melitus tipe 2 (Rietz et al., 2022; Shah et al., 2021).



Gambar 2.8 Mengarahkan tangan ke depan sambil jalan di tempat



Gambar 2.9 Membuka dan menutup tangan sambil jalan kaki ditempat



Gambar 2.10 Menaikan dan menurunkan tangan sambil jalan kaki ditempat

Menggerakkan tangan sambil berjalan di tempat melibatkan otot-otot anggota tubuh bagian atas dan bawah secara bersamaan. Kontraksi otot ini memicu translokasi GLUT-4 ke membran sel otot melalui proses yang tidak bergantung pada insulin. Studi menunjukkan bahwa latihan *aerobic low impact* yang melibatkan berbagai kelompok otot memiliki dampak yang lebih kuat pada pengelolaan glikemik dibandingkan dengan aktivitas yang hanya berfokus pada satu kelompok otot (Davies et al., 2022; Richter & Hargreaves, 2021).



Gambar 2.11 Memukul kearah samping kanan dan kiri

Gerakan memukul melibatkan kontraksi dinamis otot bahu, lengan, dan punggung atas, yang menyebabkan peningkatan pengeluaran energi dan pemanfaatan glukosa oleh otot rangka. Latihan ini meningkatkan sirkulasi darah ke lengan dan meningkatkan sensitivitas insulin. Studi menunjukkan bahwa latihan dinamis anggota tubuh bagian atas dapat membantu mengurangi kadar glukosa darah, terutama pada mereka yang memiliki keterbatasan dalam aktivitas anggota tubuh bagian bawah (Davies et al., 2022).



Gambar 2.12 Menyentuh salah satu kaki yang disilangkan

Latihan menyentuh dengan jari kaki menyilang membutuhkan koordinasi, fleksibilitas, dan kontraksi otot inti dan otot tubuh bagian bawah. Latihan ini meningkatkan keterlibatan otot penstabil dan otot kaki, meningkatkan penggunaan glukosa dan meningkatkan sensitivitas insulin. Selain itu, latihan keseimbangan telah terbukti secara tidak langsung meningkatkan kontrol glikemik dengan meningkatkan fungsi neuromuskular dan kepatuhan terhadap aktivitas fisik (Yaribeygi et al., 2021).



Gambar 2.13 Mengarahkan tangan ke kanan ke kiri bawah dan goyangkan pinggul



Gambar 2.14 Mengarahkan tangan ke kanan ke kiri samping dan goyangkan pinggul



Gambar 2.15 Mengarahkan tangan ke kanan ke kiri atas dan goyangkan pinggul



Gambar 2.16 Tekuk dan arahkan tangan ke kanan ke kiri samping dan goyangkan pinggul

Gerakan-gerakan ini secara bersamaan melibatkan otot-otot di lengan, bahu, pinggang, dan punggung, sehingga meningkatkan kebutuhan energi secara keseluruhan. Mengaktifkan otot inti dan anggota tubuh, meningkatkan penyerapan glukosa oleh sel-sel otot melalui jalur non-insulin dependen. Studi menunjukkan bahwa latihan *aerobic low impact* secara ritmis yang melibatkan gerakan tubuh bagian atas dan bawah secara efektif mengurangi kadar glukosa darah dan meningkatkan kontrol glikemik (Shah et al., 2021).



Gambar 2.17 Tempelkan siku dan lutut sambil berjalan ditempat

Gerakan sendi siku dan lutut saat berjalan di tempat meningkatkan keterlibatan otot-otot di seluruh tubuh, latihan ini meningkatkan penggunaan glukosa oleh otot dan meningkatkan sensitivitas insulin. Penelitian menunjukkan bahwa latihan terkoordinasi yang melibatkan beberapa kelompok otot berpengaruh positif terhadap kadar glukosa darah (Davies et al., 2022).



Gambar 2.18 Tekuk siku arahkan ke depan beakang sambil berjalan ditempat



Gambar 2.19 Tekuk siku arahkan ke samping sambil berjalan ditempat

Gerakan menekuk dan melenturkan siku melibatkan otot-otot di lengan atas dan bawah, meningkatkan sirkulasi darah perifer dan memfasilitasi penggunaan glukosa oleh jaringan otot. Bahkan dengan intensitas minimal, kontraksi otot yang berulang terus mengaktifkan translokasi GLUT-4, membantu dalam penurunan kadar glukosa darah secara stabil (Richter & Hargreaves, 2021).



Gambar 2.20 Lakukan gerakan seperti memukul



Gambar 2.21 Sejajarkan tangan ayunkan ke samping kanan dan kiri

Mengayunkan tangan secara berirama dapat membantu meningkatkan aliran darah ke anggota tubuh bagian atas. Tindakan ini mendorong peningkatan penggunaan glukosa oleh otot rangka dan menurunkan ketegangan otot, berpotensi mengurangi reaksi terhadap hormon stres seperti kortisol. Penurunan hormon stres ini membantu menjaga kadar glukosa darah tetap stabil (Yaribeygi et al., 2021).



Gambar 2.22 Buka tangan sambil loncat ke kanan dan kiri



Gambar 2.23 Angkat tangan sambil loncat ke kanan dan kiri

Gerakan ini dapat mengaktifkan otot-otot anggota tubuh bagian atas dan bawah secara bersamaan. Kontraksi otot yang lebih intens meningkatkan penggunaan glukosa dan mempercepat penurunan kadar gula darah. Meskipun demikian, individu dengan diabetes harus melakukan aktivitas melompat dengan intensitas rendah dan di bawah pengawasan untuk menghindari lonjakan glukosa atau risiko cedera. Aktivitas aerobik dengan intensitas ringan hingga sedang telah terbukti efektif meningkatkan sensitivitas insulin (Shah et al., 2021).



Gambar 2.24 Getarkan pergelangan dan jari-jari tangan

Gerakan menggetarkan pergelangan tangan dan jari membantu meningkatkan aliran darah, mengurangi ketegangan otot, dan menurunkan stres saraf perifer. Meskipun tidak secara langsung menurunkan kadar glukosa darah, aktivitas ini membantu pemulihan otot dan mengurangi stres fisiologis, yang secara tidak langsung membantu menjaga kadar glukosa darah tetap stabil (Yaribeygi et al., 2021).

Secara teori, ketika beraktivitas fisik yang dilakukan selama sekitar 15–18 menit, tubuh mencapai *fase steady-state* aerobik, di mana pasokan oksigen selaras dengan kebutuhan energi dan metabolisme glukosa meningkat secara konsisten. Studi menunjukkan bahwa *aerobic low impact*, secara signifikan mengurangi kadar gula darah puasa dan setelah makan pada penderita diabetes tipe 2 dengan meningkatkan

penyerapan glukosa oleh otot aktif dan meningkatkan sensitivitas insulin setelah beraktivitas (Rietz et al., 2022; Shah et al., 2021). Selain itu, laju kontraksi otot berulang selama sekitar 45–60 detik per gerakan cukup untuk menjaga detak jantung dalam zona aerobik tanpa menyebabkan kelelahan yang signifikan, sehingga menjamin keamanan bagi penderita diabetes melitus (Shah et al., 2021).

Penggunaan 18 variasi gerakan dasar dengan total durasi sekitar 15–18 menit bertujuan untuk mencegah kelelahan lokal pada kelompok otot tertentu, meningkatkan koordinasi neuromuskular, dan mempertahankan antusiasme peserta untuk tetap terlibat selama sesi latihan. Variasi ini membantu mempertahankan kontinuitas aktivitas aerobik, sehingga secara efektif merangsang metabolisme untuk mengurangi kadar glukosa darah. Oleh karena itu, secara teoritis dan didukung oleh temuan penelitian, melakukan 18 gerakan dasar selama kurang lebih 15–18 menit dengan setiap gerakan berlangsung sekitar 45–60 detik merupakan pendekatan yang bermanfaat untuk meningkatkan penyerapan glukosa oleh otot, menurunkan resistensi insulin, dan membantu mengatur kadar glukosa darah pada individu dengan diabetes melitus tipe 2 *(American Diabetes Association*, 2025; Rietz et al., 2022; Shah et al., 2021).

2.4.8.4. Tahap Pendinginan

Setelah menyelesaikan latihan utama, peserta melakukan pendinginan yang meliputi peregangan statis untuk otot kaki, lengan, dan punggung, serta latihan pernapasan dalam yang teratur. Menurut rekomendasi beraktivitas fisik untuk penderita diabetes melitus tipe 2, fase pendinginan sebaiknya berlangsung sekitar 5–10 menit setelah aktivitas *aerobic low impact*, dengan setiap peregangan statis dilakukan selama sekitar 20–30 detik dan diulang 1–2 kali sesuai kemampuan, periode ini dianggap cukup untuk menurunkan detak jantung dan tekanan darah secara perlahan serta mencegah gangguan sirkulasi perifer secara tiba-tiba setelah latihan inti (*American Diabetes Association*, 2025; Davies et al., 2022).



Gambar 2.25 Peregangan otot tangan, kaki, dan badan

Pendinginan, yang meliputi peregangan otot-otot di lengan, kaki, dan badan, membantu mempertahankan kadar glukosa darah yang lebih rendah yang dicapai selama bagian utama latihan. Peregangan ringan secara bertahap membantu mempertahankan aktivitas metabolisme otot dan mengurangi penurunan aliran darah perifer yang cepat, yang pada gilirannya membantu mencegah fluktuasi glukosa darah setelah beraktivitas fisik. Penelitian menunjukkan bahwa periode pendinginan setelah aktivitas *aerobic low impact* membantu menurunkan pelepasan hormon stres seperti katekolamin dan kortisol, yang terlibat dalam peningkatan kadar glukosa darah melalui glikogenolisis dan glukoneogenesis. Oleh karena itu, pendinginan membantu menjaga kadar glukosa darah tetap stabil dan menurunkan kemungkinan hiperglikemia rebound setelah beraktivitas fisik (Davies et al., 2022; Yaribeygi et al., 2021).



Gambar 2.26 Peregangan otot pinggang

Peregangan otot pinggang bawah selama fase pendinginan membantu merilekskan otot inti dan meningkatkan aliran darah di daerah perut dan panggul, yang penting dalam mengatur metabolisme glukosa. Relaksasi otot dan penurunan ketegangan pada sistem saraf otonom setelah berolahraga membantu mengurangi aktivasi sistem saraf simpatik, yang pada gilirannya mengurangi sekresi hormon penekan insulin. Studi menunjukkan bahwa latihan pendinginan yang menargetkan otot inti dapat memfasilitasi pemulihan metabolisme dan membantu menjaga sensitivitas insulin setelah berolahraga, sehingga meningkatkan kadar glukosa darah yang stabil (Davies et al., 2022; Richter & Hargreaves, 2021).



Gambar 2.27 Peregangan tangan dan pinggang

Peregangan otot tangan dan pinggang selama periode pendinginan berkontribusi pada peningkatan sirkulasi darah perifer, mempercepat eliminasi metabolit terkait olahraga, dan membantu pemulihan keseimbangan metabolik. Proses ini membantu mempertahankan penyerapan glukosa yang tinggi oleh otot rangka yang terjadi selama beraktivitas fisik sambil menghindari penurunan tajam sensitivitas insulin. Penelitian menunjukkan bahwa melakukan pendinginan aktif yang dikombinasikan dengan peregangan ringan dapat menurunkan variabilitas glukosa darah setelah beraktivitas fisik dan meningkatkan stabilitas glikemik, terutama pada penderita diabetes melitus tipe 2 (Shah et al., 2021; Yaribeygi et al., 2021).

Fase pendinginan membantu mengurangi reaksi sistem saraf simpatik yang meningkat selama latihan inti. Latihan *aerobic low impact* meningkatkan sekresi hormon stres seperti *katekolamin* dan *kortisol,* yang dapat memicu *glikogenolisis* dan *glukoneogenesis* di hati, menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah. Pendinginan perlahan selama sekitar 5 menit sambil melakukan pernapasan dalam mengaktifkan sistem parasimpatik, yang membantu menurunkan kadar hormon stres ini, penurunan kadar *katekolamin* dan *kortisol* membantu mencegah *hiperglikemia rebound* setelah berolahraga *(American Diabetes Association*, 2025; Davies et al., 2022).

2.4.8.5. Tahap Evaluasi dan Monitoring

Petugas memantau kondisi peserta setelah senam, kadar glukosa darah dapat diperiksa kembali setelah 1 periode sesi telah selesai/sesuai kebutuhan, hasil dicatat dalam lembar monitoring, kemudian peserta diberi edukasi singkat mengenai pentingnya melakukan aktivitas fisik secara rutin.

2.4.9. Frekuensi dan Durasi

Senam *aerobic low impact* bisa dilakukan satu sesi yaitu 3 kali dalam seminggu yang dijarak setiap 2 hari sekali dengan durasi 20-25 menit per sesi.

2.4.10. Prinsip Keselamatan

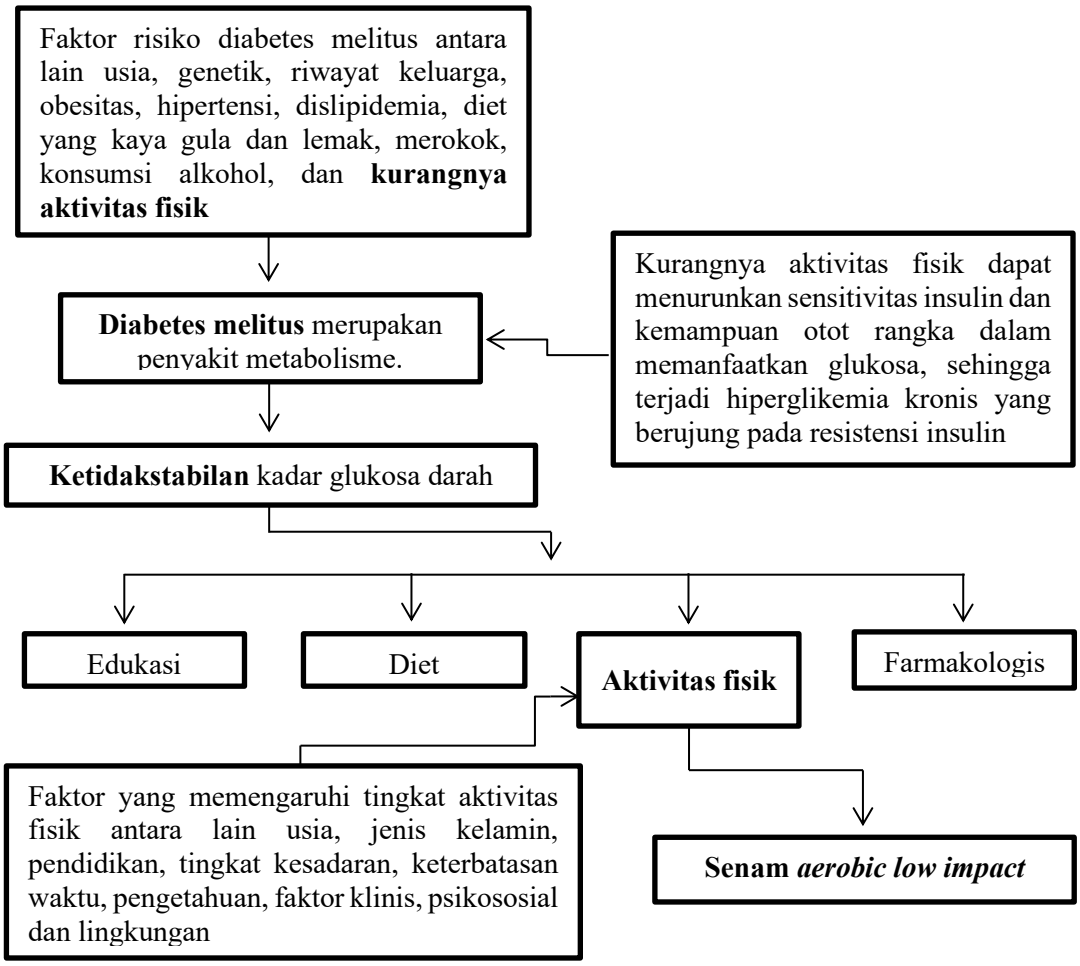
Senam dihentikan apabila peserta mengalami pusing, lemas, nyeri dada, atau muncul tanda-tanda hipoglikemia. Senam tidak dilakukan pada peserta dengan kadar glukosa darah <70 mg/dL atau >300 mg/dL dan peserta dengan komplikasi diabetes melitus dapat melakukan senam *aerobic low impact* dengan pengawasan ketat petugas kesehatan.

2.4.11. Dokumentasi

Pelaksanaan senam *aerobic low impact* dicatat meliputi: Jumlah peserta, hasil pemeriksaan glukosa darah, frekuensi pelaksanaan, dan evaluasi kegiatan.

(*American Diabetes Association*, 2025; Davies et al., 2022; PERKENI, 2021; Richter & Hargreaves, 2021; Shah et al., 2021)

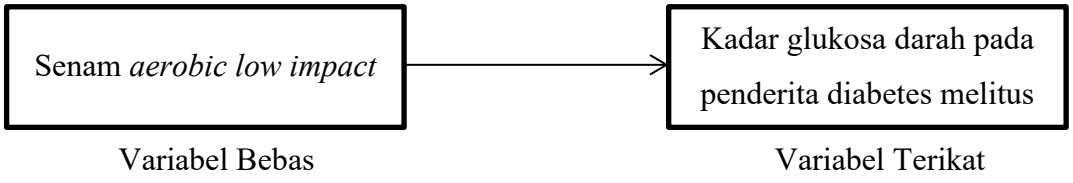
2.5. Kerangka Teori



Gambar 2.28 Kerangka teori

Sumber: (*American Diabetes Association,* 2022, 2025; Atkinson et al., 2021; Davies et al., 2022; *International Diabetes Federation*, 2025; PERKENI, 2021; Richter & Hargreaves, 2021; Rietz et al., 2022; *World Health Organization*, 2024; Yaribeygi et al., 2021)

2.6. Kerangka Konsep



Gambar 2.29 Kerangka konsep

2.7. Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian, dimana rumusan masaalah penelitian telah dinyatakan dalam bentuk kalimat pertanyaan (Sugiyono, 2017). Berdasarakan dari kerangka konsep maka didapatkan hipotesis:

2.7.1. Hipotetsis Alternatif (Ha)

Ada pengaruh senam *aerobic low impact* terhadap kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus di Desa Kalikangkung.