

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Diabetes Melitus**

###### **a. Definisi Diabetes Melitus**

Diabetes melitus merupakan suatu penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi baik karena kelainan pada sekresi insulin, sistem kerja insulin atau keduanya (PERKENI, 2021). Diabetes melitus juga dapat diartikan sebagai kondisi kronis yang terjadi apabila terdapat peningkatan kadar glukosa darah dikarenakan tubuh tidak mampu untuk menghasilkan insulin atau menggunakan insulinnya secara efektif (IDF, 2021).

###### **b. Klasifikasi Diabetes Melitus**

Menurut (ADA, 2023a) terdapat empat jenis klasifikasi diabetes melitus, yaitu:

###### **1) Diabetes Melitus Tipe 1**

Diabetes melitus tipe 1 didefinisikan sebagai reaksi autoimun ketika sistem kekebalan tubuh menyerang sel beta pankreas, sehingga tubuh tidak bisa menghasilkan insulin atau hanya sedikit sekali disertai dengan defisiensi insulin relatif atau absolut (IDF, 2017).

## 2) Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 merupakan jenis yang sering kali dilatarbelakangi oleh resistensi insulin dan sindrom metabolik (ADA, 2020). Pada tipe ini, tubuh bisa memproduksi insulin namun insulin menjadi resistensi sehingga insulin menjadi tidak efektif bagi tubuh dan semakin lama kadar insulin menjadi tidak mencukupi. Resistensi insulin dan defisiensi insulin menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah (PERKENI, 2021).

## 3) Diabetes Melitus Gestasional

Diabetes gestasional adalah jenis diabetes melitus yang memengaruhi ibu hamil. DM tipe ini dapat terjadi kapan saja selama kehamilan dan disebabkan oleh resistensi insulin yang diakibatkan oleh produksi hormon plasenta (PERKENI, 2021).

## 4) Diabetes Tipe Lain

Diabetes melitus tipe ini merupakan jenis diabetes tertentu karena penyebab lain, misalnya sindrom diabetes monogenik (diabetes neonatal dan diabetes yang timbul pada usia muda), penyakit pankreas eksokrin (fibrosis kistik dan pankreatitis), dan diabetes yang disebabkan oleh obat atau bahan kimia (penggunaan glukotiroid dalam pengobatan HIV/AIDS) (PERKENI, 2021).

### c. Manifestasi Klinis Diabetes Melitus

Manifestasi klinis atau tanda dari gejala pada diabetes melitus dapat dikaitkan dengan konsekuensi metabolik defisiensi insulin. tanda dan gejala yang khas terjadi yaitu poliuria, polidipsi dan polifagi (PERKENI, 2021).

#### 1) Poliuria

Poliuria atau sering buang air kecil secara berlebihan lebih dari biasanya terutama saat malam hari. Kondisi ini terjadi karena kadar glukosa darah melebihi ambang batas ginjal (>180 mg/dl) sehingga glukosa yang ada dalam tubuh dikeluarkan melalui urin (Falah *et al.*, 2023).

#### 2) Polifagia

Polifagia atau rasa cepat lapar diakibatkan oleh insulin yang bermasalah di dalam tubuh sehingga pemasukan glukosa ke dalam sel berkurang dan mengakibatkan energi yang dibentuk pun menjadi kurang. Hal ini dapat menyebabkan penderita diabetes melitus selalu merasa lemas atau kurang bertenaga (Aissyah, 2021).

#### 3) Polidipsi

Diuresis osmotik yang terjadi akibat glukosuria yang mengakibatkan pengeluaran cairan berlebih melalui urin, dan akan menyebabkan timbulnya rasa haus (Aissyah, 2021).

d. Etiologi Diabetes Melitus

Diabetes melitus dapat disebabkan oleh berbagai faktor risiko seperti riwayat keluarga, obesitas, kurangnya aktivitas fisik, hipertensi, pola makan tidak sehat, toleransi glukosa yang terganggu atau *Impaired Glucose Tolerance* (IGT), dan bertambahnya usia (IDF, 2020). IGT ditandai oleh kadar glukosa darah yang tinggi namun belum mencapai batas diagnosis diabetes. Ketika terjadi resistensi insulin, insulin tidak bekerja secara optimal akibat penumpukan glukosa dalam darah. Diabetes melitus umumnya muncul pada usia >30 tahun dan berkaitan dengan gaya hidup tidak sehat sejak usia muda (Istiyawanti *et al.*, 2019).

e. Patofisiologi Diabetes Melitus

Diabetes melitus tipe 2 merupakan jenis diabetes yang disebabkan oleh resistensi insulin dan gangguan sekresi insulin. Resistensi insulin atau penurunan kemampuan insulin mengakibatkan jumlah glukosa yang dimetabolisme menjadi berkurang (Galiccia *et al.*, 2020). Resistensi insulin ini disertai dengan penurunan reaksi intrasel yang menyebabkan insulin menjadi tidak efektif dalam menstimulasi pengambilan glukosa oleh jaringan, sehingga hal tersebut menyebabkan keadaan tingginya kadar glukosa darah dan terjadinya diabetes melitus tipe 2 (Decroli *et al.*, 2019).

Pada awal perkembangan diabetes melitus tipe 2, sel beta menunjukkan gangguan pada sekresi insulin fase pertama, artinya sekresi insulin gagal mengkompensasi resistensi insulin. Apabila tidak ditangani dengan baik, pada perkembangan selanjutnya akan terjadi kerusakan sel-sel  $\beta$  pankreas (Naswa, 2023). Kerusakan sel beta pankreas akan terjadi secara progresif seringkali akan menyebabkan defisiensi insulin, sehingga memerlukan insulin dari luar. Pada penderita diabetes melitus tipe 2 umumnya ditemukan kedua faktor tersebut, yaitu resistensi insulin dan defisiensi insulin (Galicia *et al.*, 2020).

f. Penatalaksanaan Diabetes Melitus

Menurut Kemenkes RI (2020) tujuan terapeutik pada setiap tipe diabetes adalah mencapai kadar glukosa darah normal (euglikemia) tanpa terjadinya hipoglikemia dan gangguan serius pada pola aktivitas pasien. Penatalaksanaan pada penderita diabetes melitus meliputi:

1) Pengaturan Pola Makan

Pengaturan pola makan merupakan bagian dari terapi gizi medis menyesuaikan dengan kebutuhan kalori penderita diabetes melitus. Pengaturan meliputi kandungan energi, kuantitas dan waktu asupan makanan (3J; jenis, jumlah, jadwal), terutama bagi penderita yang menggunakan obat agar dapat menyesuaikan antara asupan karbohidrat dengan dosis

obat yang diberikan untuk meminimalisir terjadinya hipoglikemia, sehingga kadar glukosa darah dapat terkontrol dengan baik (Falah *et al.*, 2023).

#### 2) Latihan Fisik

Latihan fisik mampu meningkatkan kadar HDL kolesterol dan menurunkan kadar kolesterol total serta trigliserida. Aktivitas latihan yang dianjurkan adalah aktivitas yang dapat membantu menurunkan kadar glukosa darah (Azitha *et al.* 2018).

#### 3) Pemantauan Glukosa Darah Mandiri (PGDM)

Pemantauan kadar glukosa darah dapat dilakukan dengan menggunakan darah kapiler. Pemantauan mandiri dianjurkan bagi penderita dengan pengobatan suntik insulin (Naswa, 2023). Waktu yang dianjurkan adalah pada saat sebelum makan, dua jam setelah makan, menjelang waktu tidur, dan diantara siklus tidur atau ketika mengalami gejala hipoglikemia (PERKENI, 2021).

#### 4) Terapi Insulin

Terapi insulin digunakan pada keadaan hiperglikemia berat yang disertai dengan ketosis, krisis hiperglikemia, gangguan fungsi ginjal atau hati yang berat, dan kadar HbA1c tinggi >9% (PERKENI, 2021).

g. Komplikasi Diabetes Melitus

Komplikasi diabetes melitus umumnya mulai berkembang pada penderita yang telah mengidap diabetes selama 5-10 tahun (Harsa dan Mulyasari., 2023). Komplikasi ini bervariasi tergantung pada faktor individu. Penderita diabetes dengan pengelolaan glukosa darah yang kurang baik memiliki risiko tinggi mengalami komplikasi (Hendrik *et al.*, 2024). Komplikasi ini diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1) Komplikasi Metabolik Akut

Komplikasi ini terjadi secara mendadak yang bisa berakibat fatal apabila tidak ditangani dengan segera. Bagian dari komplikasi akut adalah hipoglikemia (glukosa darah terlalu rendah), hiperglikemia (glukosa darah tinggi meningkat secara tiba-tiba) dan terlalu banyak asam dalam darah (ketoasidosis diabetik) (Naswa, 2023).

2) Komplikasi Metabolik Kronis

Kondisi ini terjadi secara perlahan, terkadang tidak diketahui, tetapi akhirnya berangsur menjadi makin berat dan membahayakan (Naswa, 2023). Komplikasi ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu;

a) Komplikasi makrovaskuler merupakan komplikasi yang terjadi di pembuluh darah besar ditandai dengan terjadinya aterosklerosis lebih cepat dari biasanya. Penderita lebih

cenderung mengalami hipertensi, dapat memengaruhi sirkulasi koroner, pembuluh perifer dan pembuluh darah otak (Hasdipa *et al.*, 2024).

b) Komplikasi mikrovaskuler merupakan komplikasi yang terjadi terutama pada penderita DM tipe 1 seperti nefropati, diabetik retinopati (kebutaan), neuropati, dan gangren (Azitha *et al.*, 2018).

## 2. Kadar Glukosa Darah sebagai Pengendalian Diabetes Melitus

### a. Konsep Kadar Glukosa Darah

Kadar glukosa darah merupakan glukosa yang berada dalam darah yang terbentuk dari makanan dan disimpan tubuh sebagai glikogen pada plasma darah (Fahmi *et al.*, 2020). Glukosa yang dialirkan dalam darah merupakan energi utama untuk sel-sel tubuh. Hemeostasis glukosa merupakan keseimbangan produksi glukosa hati dan penyerapan glukosa perifer dengan insulin yang memerankan peran penting sebagai pengatur hemeostatis glukosa (Rosares dan Boy, 2022).

Terdapat dua jenis kondisi abnormalitas kadar gula darah, yaitu:

#### 1) Hiperglikemia

Hiperglikemia merupakan suatu kondisi medik berupa peningkatan kadar glukosa darah yang melebihi batas normal yang merupakan salah satu tanda gangguan intoleransi glukosa (Rosares dan Boy, 2022). Hiperglikemia dapat terjadi karena



gangguan sekresi insulin, resistansi insulin, atau keduanya. Beberapa organ lain yang terlibat dalam intoleransi glukosa, antara lain jaringan lemak (peningkatan lipolisis), gastrointestinal (defisiensi inkreatin), sel alfa pankreas (hiperglukagonemia), ginjal (peningkatan absorpsi glukosa), dan otak (resistensi insulin) (PERKENI, 2021).

## 2) Hipoglikemia

Hipoglikemia merupakan kondisi penurunan konsentrasi glukosa serum ( $<70$  mg/dl atau  $<4,0$  mmol/L) dengan atau tanpa adanya gejala sistem otonom dan neuroglikopenia (Rusdi, 2020). Hipoglikemia terjadi akibat dosis insulin berlebih, asupan glukosa yang kurang, penggunaan glukosa yang tinggi, serta sensitivitas insulin meningkat (Rosares dan Boy, 2022). Selain itu, hipoglikemia dapat terjadi akibat gangguan pada suplai glukosa. Pada kondisi puasa, kadar glukosa serum dipertahankan melalui glukoneogenesis dan glikogenolisis dalam hati. Saat kadar glukosa darah menurun, dan terjadi peningkatan sekresi glukagon oleh sel alfa pankreas untuk mengatasi kondisi hipoglikemia (Annisa dan Suropati, 2023).

### b. Pemeriksaan Kadar Glukosa Darah

Kadar glukosa darah dapat diperiksa menggunakan berbagai metode, seperti metode kimiawi, enzimatik, dan metode *finger*

*prick capillary blood* atau biasa dikenal dengan *test strip* (Rosares dan Boy, 2022). Metode *finger prick capillary blood* merupakan pengambilan sampel darah melalui pembuluh darah kapiler yang berada pada ujung jari menggunakan jarum steril atau *lancet* (alat penusuk khusus) (WHO, 2010). Sampel darah kapiler yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan alat khusus, seperti *glukometer* untuk kadar glukosa darah (Rosares dan Boy, 2022).

Pemeriksaan kadar glukosa darah dapat menggunakan darah lengkap seperti serum (hasil darah tanpa penambahan koagulan) atau plasma (darah yang ditambah dengan antikoagulan) (Fahmi *et al.*, 2020). Terdapat beberapa jenis pemeriksaan kadar glukosa darah, yaitu sebagai berikut:

1) Kadar Glukosa Darah Sewaktu (GDS)

Pemeriksaan kadar glukosa darah sewaktu atau acak merupakan hasil pemeriksaan yang dapat dilakukan setiap saat sepanjang hari tanpa memperhatikan waktu makan terakhir untuk memeriksa kadar glukosa darah. Kadar glukosa darah sewaktu pada pasien diabetes melitus dikatakan terkendali apabila berada pada rentang  $<200$  mg/dl (PERKENI, 2021).

2) Kadar Glukosa Darah Puasa (GDP)

Pada pemeriksaan kadar glukosa darah puasa, pasien tidak mendapatkan asupan kalori minimal 8 jam sebelum dilakukan pemeriksaan (kondisi puasa). Kadar glukosa darah

puasa pada pasien diabetes melitus dikatakan terkendali apabila pada rentang 80-130 mg/dl (ADA, 2023b).

3) Kadar Glukosa Darah 2 Jam Postprandial (GD2PP)

Pemeriksaan ini dilakukan 2 jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) atau mengonsumsi makanan berkarbohidrat tinggi dengan beban glukosa 75 gram. Pengendalian glukosa darah 2 jam PP berada pada rentang <100 mg/dl (PERKENI, 2021).

4) Pemeriksaan HbA1c (*Glycate Hemoglobin*)

Pemeriksaan HbA1c dilakukan dengan menggunakan metode yang terstandarisasi oleh *National Glycohaemoglobin Standardization Program* (NGSP) dan *Diabetes Control and Complications Trial assay* (DCCT). Pengendalian kadar HbA1c untuk penderita diabetes melitus berada pada rentang <7% (PERKENI, 2021).

Kriteria pengendalian diabetes melitus didasarkan pada hasil pemeriksaan kadar glukosa, kadar HbA1c, dan profil lipid. Penderita diabetes yang terkendali dengan baik adalah apabila kadar glukosa darah mencapai target yang ditentukan (PERKENI, 2021). Berikut merupakan sasaran pengendalian diabetes melitus disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1  
Sasaran Pengendalian Diabetes Melitus

| Parameter                         | Sasaran      |
|-----------------------------------|--------------|
| Glukosa darah preprandial kapiler | 80-130 mg/dl |
| Glukosa darah 2 jam PP kapiler    | <180 mg/dl   |
| Kadar HbA1c                       | <7%          |

Sumber: (PERKENI, 2021)

c. Faktor Risiko yang Berpengaruh terhadap Kadar Glukosa Darah pada Penderita DM

1) Asupan Karbohidrat

Asupan makan menjadi peranan penting dalam terjadinya peningkatan kadar glukosa darah. Salah satu zat gizi yang dapat memengaruhi kadar glukosa darah yaitu karbohidrat (Ekasari *et al.*, 2022). Karbohidrat merupakan salah satu sumber energi bagi tubuh yang dicerna dan diserap dalam bentuk monosakarida, terutama glukosa (Hendrik *et al.*, 2024). Asupan karbohidrat berlebih dan rendahnya reseptor insulin, menyebabkan glukosa yang dihasilkan dari metabolisme karbohidrat akan semakin meningkat di pembuluh darah. Akibatnya, terjadi peningkatan kadar glukosa darah (Widyasari *et al.*, 2022).

2) Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik yang kurang dapat berkontribusi terhadap pengaturan kadar glukosa darah melalui metabolisme energi. Ketika aktivitas fisik kurang, asupan makanan tidak dikonversikan menjadi energi sehingga akan tertimbun menjadi

lemak dan glukosa. Jika insulin tidak mencukupi kebutuhan tubuh untuk menyerap glukosa, maka dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan kadar glukosa darah (Dewi *et al.*, 2022). Berbeda ketika tubuh berolahraga, glukosa dan lemak menjadi bahan bakar utama untuk metabolisme energi sehingga kadar glukosa darah akan menurun (Azitha *et al.*, 2018).

### 3) Faktor Genetik/Riwayat Penyakit Keluarga

Faktor genetik memengaruhi kadar glukosa darah. Sinyal genetik dapat menyebabkan disregulasi perkembangan sel beta dan sekresi insulin. Selain itu, sinyal genetik dapat juga menyebabkan terjadinya penurunan transkrip yang memberikan kode insulin pada sel beta yang ditunjukkan oleh sekuensi RNA sel tunggal. Seseorang dengan riwayat keluarga menderita diabetes beresiko 3,78 kali memiliki kadar glukosa darah di atas normal dibandingkan dengan orang yang tidak memiliki riwayat diabetes (Nuraisyah *et al.*, 2021).

### 4) Riwayat Penyakit Kardiovaskular

Riwayat penyakit kardiovaskuler, seperti hipertensi, penyakit jantung, dan stroke berperan dalam perkembangan resistensi insulin yang berpengaruh terhadap kadar glukosa darah. Sistem renin-angiotensin-aldosteron (RASS) yang tidak tepat dapat mengakibatkan penurunan respons persinyalan metabolik terhadap insulin. Selain itu, berkurangnya

vasodilatasi akibat disfungsi endotel dapat menghambat penyerapan glukosa. Penebalan pembuluh darah arteri mengakibatkan penyempitan pembuluh darah arteri yang dapat menghambat proses pengangkutan glukosa dalam darah (Delfina *et al.*, 2021).

#### 5) Usia

Peningkatan usia berhubungan dengan peningkatan kejadian intoleransi glukosa, terutama pada kategori usia >45 tahun (Delfina *et al.*, 2021). Hal tersebut dipengaruhi oleh penurunan fungsi organ tubuh yang berdampak pada perubahan metabolisme tubuh, seperti terhambatnya pelepasan glukosa yang masuk ke dalam sel akibat penurunan sekresi insulin pada metabolisme karbohidrat (Werdani dan Triyanti, 2014).

#### 6) Lama menderita

Penurunan kualitas hidup penderita diabetes melitus dapat terjadi akibat lama individu menderita penyakitnya (Nurgajayanti *et al.*, 2024). Lama durasi menderita diabetes selama 10 tahun atau lebih memiliki kualitas hidup yang kurang dibandingkan dengan individu yang menderita diabetes melitus kurang dari 10 tahun, karena semakin lama menderita maka resiko terjadinya masalah kesehatan/komplikasi semakin tinggi (Hariani *et al.*, 2020).

## 7) Konsumsi Obat

Penggunaan obat-obatan merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kadar glukosa darah dengan menghambat sekresi atau kinerja insulin melalui interaksinya dengan agens antidiabetik. Terapi farmakologis pada penderita diabetes melitus terdiri dari obat oral dan dalam bentuk suntikan (insulin). Obat antihiperqlikemia oral yang memiliki efek samping hipoglikemia diantaranya sulfonilurea dan glinid. (PERKENI, 2021).

## 3. Asupan Karbohidrat pada Penderita Diabetes Melitus

### a. Definisi Karbohidrat

Karbohidrat didefinisikan sebagai sumber energi utama yang hampir 80% energi dihasilkan oleh karbohidrat. Setiap 1 gram karbohidrat menghasilkan 4 kilokalori (kcal). Karbohidrat dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah unit monosakarida yang tergabung di dalamnya menjadi monosakarida, disakarida, oligosakarida, dan polisakarida (Zakiyah *et al.*, 2023). Karbohidrat diklasifikasikan menjadi dua sumber, diantaranya:

#### 1) Karbohidrat Kompleks

Karbohidrat kompleks merupakan jenis karbohidrat yang terdiri dari rantai glukosa yang panjang dan bercabang, seperti oligosakarida dan polisakarida, termasuk pati dan serat (Santoso *et al.*, 2021). Karbohidrat ini dicerna dan diserap

tubuh secara lebih lambat, sehingga memberikan energi secara bertahap dan membantu menjaga kestabilan kadar glukosa darah. Sumber utama karbohidrat kompleks meliputi makanan olahan seperti nasi putih, tepung terigu, roti, mie, sayuran, biji-bijian utuh, kacang-kacangan, dan umbi-umbian (Reynolds *et al.*, 2019).

## 2) Karbohidrat Sederhana

Karbohidrat sederhana merupakan jenis karbohidrat yang terdiri rantai molekul glukosa pendek, seperti monosakarida (glukosa dan fruktosa) serta disakarida (sukrosa dan laktosa) (Sumbono, 2021). Struktur yang sederhana membuat karbohidrat ini lebih cepat untuk dicerna dan diserap tubuh, terutama jika memiliki indeks glikemik tinggi dapat dengan cepat meningkatkan kadar glukosa darah. Sumber makanan karbohidrat sederhana berasal dari gula buah dan pemanis (fruktosa dan laktosa) yang memiliki indeks glikemik yang relatif tinggi (Afandi *et al.*, 2019).

Karbohidrat akan dikonversikan menjadi glukosa didalam hati yang berguna untuk pembentukan energi. Glukosa yang disimpan dalam tubuh berupa glikogen yang disimpan pada plasma darah (*blood glucose*). Glukosa darah merupakan glukosa yang berada dalam darah yang terbentuk dari karbohidrat dalam makanan dan disimpan sebagai glikogen di hati dan otot rangka.



Hormon yang mempengaruhi kadar glukosa adalah insulin dan glukagon yang berasal dari pankreas (Rosares dan Boy, 2022).

Anjuran konsumsi karbohidrat bagi penderita diabetes melitus tipe 2 diutamakan dari karbohidrat kompleks 45-65% atau >130 g/hari dan karbohidrat sederhana 5% (Sukrosa) dari total asupan energi. Pembatasan karbohidrat total <130 g/hari tidak dianjurkan untuk mencegah terjadinya hipoglikemia (PERKENI, 2021). Berbeda halnya dengan rekomendasi dari *American Diabetes Association* (ADA), yang menyarankan asupan karbohidrat sebesar 35-45% dari kebutuhan energi harian atau sekitar 130-150 gram/hari (ADA, 2020b).

#### b. Peranan Karbohidrat

Peranan karbohidrat di dalam tubuh adalah menyediakan glukosa bagi sel-sel tubuh dan akan diubah menjadi energi. Glukosa memegang peranan sentral dalam metabolisme karbohidrat. Jaringan tertentu hanya memperoleh energi dari karbohidrat seperti sel darah merah serta sebagian besar otak dan sistem saraf (Zakiyah *et al.*, 2023).

Penderita diabetes melitus perlu memerhatikan karbohidrat yang dikonsumsi agar dapat menekan glukosa darah untuk mencegah komplikasi. Asupan karbohidrat dapat menyebabkan peningkatan glukosa darah dalam tubuh sehingga pankreas perlu

mengeluarkan hormon insulin untuk merangsang penyerapan glukosa ke dalam sel-sel tubuh (Snorgaard *et al.*, 2017).

#### 4. Aktivitas Fisik sebagai Faktor Penatalaksanaan

##### a. Definisi Aktivitas Fisik

Aktivitas Fisik merupakan setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang membutuhkan pengeluaran energi. Aktivitas fisik meliputi semua gerakan, termasuk selama berada dalam waktu luang, saat menuju dan dari suatu tempat, atau sebagai bagian dari pekerjaan seseorang (WHO, 2022). Aktivitas fisik merupakan salah satu cara untuk pengendalian kadar glukosa darah dengan memperbaiki sensitivitas insulin dan menjaga kebugaran tubuh (Azitha *et al.*, 2018).

##### b. Aktivitas Fisik pada Penderita Diabetes Melitus

Aktivitas fisik merupakan salah satu pilar dalam pengelolaan diabetes melitus tipe 2. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan latihan fisik secara teratur 3-5 hari/minggu selama 30-45 menit, dengan total 150 menit per minggu dengan jeda antar latihan tidak lebih dari 2 hari (PERKENI, 2021). Latihan fisik selain untuk menjaga kebugaran juga dapat menurunkan berat badan dan memperbaiki sensitivitas insulin, sehingga akan memperbaiki kendali glukosa darah (Rahmadiya *et al.*, 2022).

Latihan fisik yang dianjurkan berupa latihan fisik yang bersifat aerobik dengan intensitas sedang (50-70% denyut jantung

maksimal) seperti jalan cepat, bersepeda santai, jogging, dan berenang. Penderita diabetes dengan usia muda dan bugar dapat melakukan 90 menit/minggu dengan aktivitas berat (PERKENI, 2021).

c. *Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)*

Berdasarkan *Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) Analysis Guide* yang dikembangkan oleh WHO, GPAQ digunakan untuk memantau dan mengumpulkan data terkait aktivitas fisik di berbagai negara sebagai bagian dari surveilans kesehatan masyarakat (WHO, 2021). GPAQ terdiri dari 16 pertanyaan mengenai aktivitas fisik (P1-P16) yang dilakukan dalam 3 domain, yaitu aktivitas fisik di tempat kerja, aktivitas fisik perjalanan ke suatu tempat atau dari suatu tempat, serta aktivitas ketika rekreasi/waktu luang. Domain aktivitas fisik tersebut dibagi menjadi 6 sub-domain, yaitu bekerja dengan giat (P1-P3), pekerjaan sedang (P4-P6), bepergian (P7-P9), rekreasi berat (P10-P12), rekreasi sedang (P13-P15) dan duduk (P16). Pengukuran aktivitas fisik menggunakan GPAQ diklasifikasikan berdasarkan MET (*Metabolic Equivalent*) (WHO, 2021). Rasio laju metabolisme saat bekerja terhadap laju metabolisme saat istirahat disebut MET (*Metabolic Equivalent*) yang setara dengan konsumsi kalori sebesar 1 kkal/kg/jam. Hasil pengukuran aktivitas fisik digambarkan dengan MET-menit/minggu (Adigüzel *et al.*, 2021).

Menurut WHO (2021), perhitungan aktivitas fisik menggunakan GPAQ versi 2 dilakukan dengan menjumlah total waktu yang dihabiskan dalam melakukan aktivitas fisik selama 1 minggu. Aktivitas tersebut diklasifikasikan menjadi kategori ringan, sedang, dan berat, yaitu:

- 1) Ringan: Tidak ada aktivitas fisik atau tidak ada aktivitas fisik yang tergolong kategori sedang dan berat. Hasil perhitungan <600 MET-menit/minggu.
- 2) Sedang:  $\geq 3$  hari melakukan aktivitas fisik dengan kategori berat minimal 20 menit/hari;  $\geq 5$  hari melakukan aktivitas sedang/berjalan kaki minimal 30 menit/hari; atau  $\geq 5$  hari melakukan kombinasi aktivitas berjalan kaki, aktivitas intensitas sedang atau berat minimal 600 MET-menit/minggu.
- 3) Berat: Aktivitas berat minimal 3 hari yang mencapai minimal 1500 MET-menit/minggu; atau  $\geq 7$  hari melakukan kombinasi aktivitas berjalan kaki, aktivitas sedang atau berat yang mencapai minimal 3000 MET-menit/minggu.

Rumus perhitungan total aktivitas fisik MET-menit/minggu:

$$\text{Total aktivitas fisik (MET-menit/minggu)} = [(P2 \times P3 \times 8) + (P5 \times P6 \times 4) + (P8 \times P9 \times 4) + (P11 \times P12 \times 8) + (P14 \times P15 \times 4)]$$

Klasifikasi tingkat aktivitas fisik setelah hasil perhitungan, yaitu:

## 1) Aktivitas Fisik Ringan

Aktivitas fisik ringan dikategorikan jika aktivitas fisik tidak mencapai kriteria aktivitas fisik berat dan sedang.

## 2) Aktivitas Fisik Sedang

Aktivitas fisik dikategorikan sedang jika:

- a) Aktivitas fisik tidak mencapai kriteria aktivitas berat dan mencapai minimal satu dari kriteria aktivitas sedang;
- b)  $(P2 + P11) \geq 3$  hari dan  $[(P2 \times P3) + (P11 \times P12)] \geq 3 \times 20$  menit; atau
- c)  $(P5 + P8 + P14) \geq 5$  hari dan  $[(P5 \times P6) + (P8 \times P9)] + (P14 \times P15) \geq 150$  menit; atau
- d)  $(P2 + P5 + P8 + P11 + P14) \geq 5$  hari dan jumlah aktivitas fisik  $> 600$  MET menit per minggu.

## 3) Aktivitas Fisik Berat

Aktivitas fisik dikategorikan berat jika:

- a)  $(P2 + P11) \geq 3$  hari dan jumlah aktivitas fisik  $\geq 1500$  MET menit/minggu; atau
- b)  $(P2 + P5 + P8 + P11 + P14) \geq 7$  hari dan jumlah aktivitas fisik  $\geq 3000$  MET menit/minggu.

## 5. Hubungan Antar Variabel

## a. Hubungan Asupan Karbohidrat dengan Kadar Glukosa Darah

Metabolisme karbohidrat berhubungan dengan diabetes melitus yang dimediasi oleh hormon insulin. Pada penderita

diabetes melitus terjadi gangguan pada sekresi insulin oleh sel  $\beta$  pankreas atau penurunan sensitivitas reseptor insulin (Hasdipa dan Maigoda, 2024). Insulin adalah hormon pengatur kadar glukosa yang dominan. Insulin berfungsi mengatur homeostasis glukosa dengan memfasilitasi transport glukosa ke dalam sel, serta menghambat glukoneogenesis dan glikogenolisis di hati (Zakiyah *et al.*, 2023). Pengaturan konsentrasi glukosa plasma normal memerlukan penyesuaian yang tepat antara penggunaan glukosa dan produksi glukosa endogen atau pemberian glukosa melalui makanan (Hasdipa dan Maigoda, 2024).

Glukosa berasal dari 3 sumber yaitu penyerapan usus yang mengikuti pencernaan karbohidrat makanan, glikogenolisis (pemecahan glikogen) dan glukoneogenesis (sintesis glukosa dari non karbohidrat). Glukosa ditransportasi ke dalam sel melalui berbagai jalur metabolisme, termasuk penyimpanan sebagai glikogen, pemecahan melalui glikolisis menjadi piruvat, serta pelepasannya ke dalam sirkulasi sistemik oleh hati dan ginjal. Dalam keadaan normal glukosa difosforilasi menjadi glukosa-6-fosfatase yaitu enzim yang diperlukan untuk pelepasan glukosa ke dalam sirkulasi darah (Giugliano *et al.*, 2023). Glukosa darah di metabolisme menjadi piruvat melalui jalur glikolisis, yang dapat terjadi secara anaerob menghasilkan laktat sebagai produk akhir. Jaringan yang memiliki aerobik metabolisme piruvat menjadi

asetil-KoA, yang dapat memasuki siklus asam sitrat (TCA) untuk mengalami oksidasi sempurna menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang berhubungan dengan pembentukan ATP dalam proses fosforilasi oksidatif (Smith *et al.*, 2021).

Konsumsi karbohidrat menimbulkan peningkatan cepat dalam konsentrasi insulin dan penurunan konsentrasi glukagon. Akibat sekresi insulin, konsentrasi glukagon meningkat. Penurunan rasio insulin terhadap glukagon menyebabkan peningkatan produksi glukosa oleh hati (hiperglikemia basal), sedangkan penurunan absolut dalam konsentrasi insulin plasma mengurangi penggunaan glukosa dalam jaringan perifer (hiperglikemia pasca makan) (Giugliano *et al.*, 2023). Penderita diabetes melitus yang mengonsumsi karbohidrat berlebih berpeluang 12 kali lebih besar mengalami kadar glukosa darah tidak terkontrol dibandingkan dengan penderita yang mengonsumsi sesuai kebutuhan (Fania *et al.*, 2024).

Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Petrus *et al.* (2023), menunjukkan analisis statistik menggunakan uji *chi-square* dengan nilai  $p = 0.406$  yang mengindikasikan tidak ada hubungan signifikan antara asupan karbohidrat dengan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 di Puskesmas Puuwatu Kendari. Penelitian lain yang dilakukan oleh Zakiyah *et al.* (2023), menggunakan studi kuantitatif *cross-sectional*, analisis data

menggunakan uji *chi-square* dengan hasil asupan karbohidrat ( $p=0,000$ ) berhubungan signifikan dengan kadar glukosa darah pada pasien DM yang dirawat di RSI Siti Hajar Sidoarjo.

b. Hubungan Aktivitas Fisik dengan Kadar Glukosa Darah

Aktivitas fisik dapat meningkatkan penggunaan glukosa sebagai sumber energi yang berkontribusi terhadap penurunan kadar glukosa darah. Penurunan ini disertai dengan berkurangnya kebutuhan insulin, sehingga dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan mencegah terjadinya resistensi insulin (Adigüzel et al., 2021). Aktivitas fisik secara langsung berkaitan dengan peningkatan laju pemulihan glukosa otot. Ketika seseorang melakukan aktivitas, otot menggunakan glukosa yang tersimpan di dalam otot. Ketika glukosa berkurang, otot mengisi kekosongan dengan mengambil glukosa dari darah. Proses ini dapat menurunkan glukosa darah dan meningkatkan kontrol glukosa darah (Rawitri *et al.*, 2023). Apabila frekuensi aktivitas fisik rendah atau intensitasnya tergolong ringan hingga sedang, maka kebutuhan energi tubuh cenderung dipenuhi melalui jalur glikolisis yaitu pemecahan glukosa dalam darah tanpa aktivasi signifikan dari proses lipolisis yang menguraikan trigliserida dalam jaringan adiposa menjadi asam lemak bebas dan gliserol (pemecahan sel lemak) Mekanisme tersebut dapat menyebabkan kadar glukosa

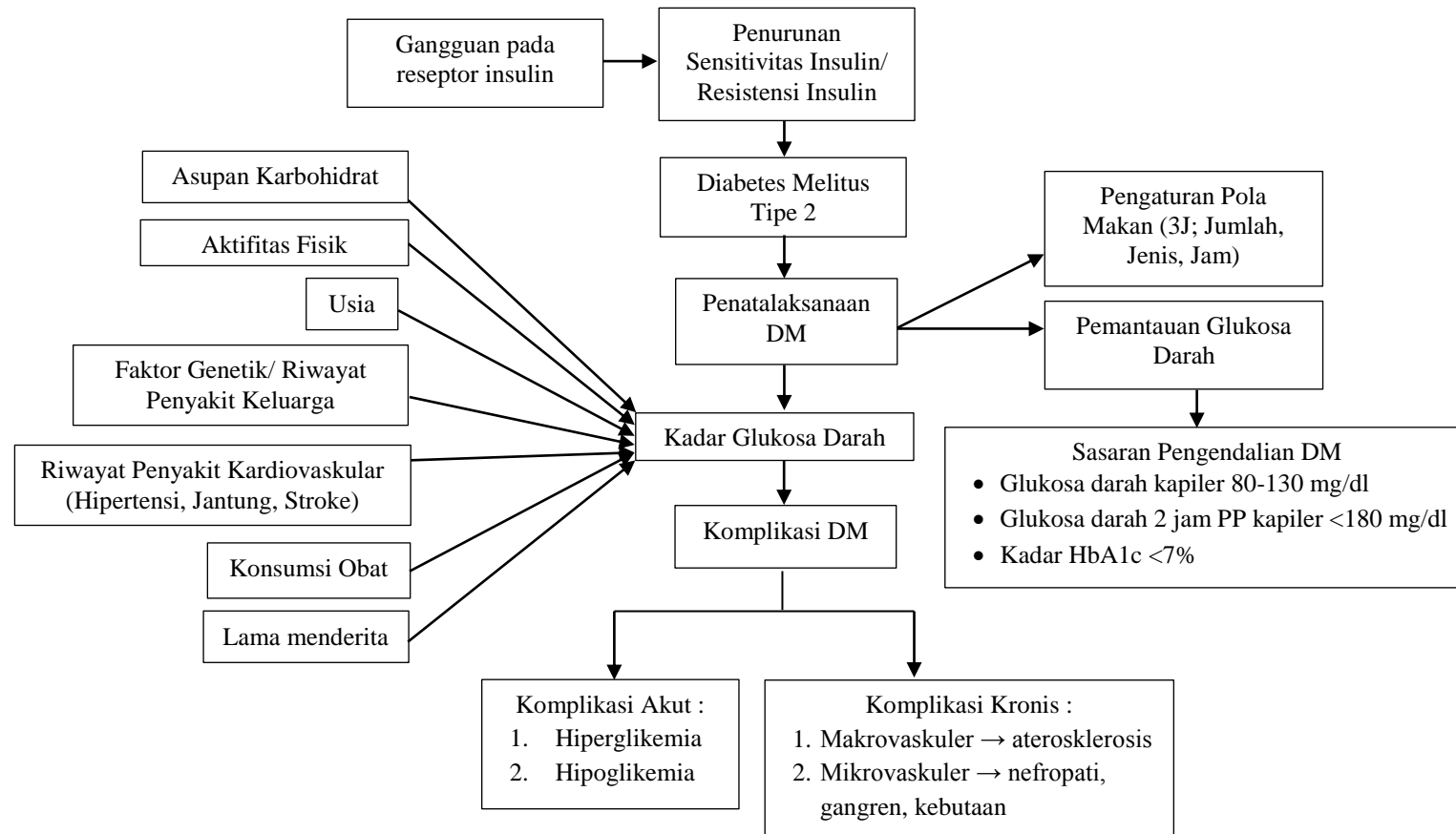


darah kembali meningkat setelah asupan karbohidrat kembali masuk ke dalam tubuh (Amirudin, 2023).

Aktivitas fisik dapat menyebabkan kontraksi otot, secara signifikan menurunkan kontraksi otot ekstremitas. Selama latihan, insulin dan olahraga meningkatkan pengambilan glukosa dengan mentranslokasi transporter glukosa. Insulin memberikan sinyal sehingga terjadi fosforilasi pada reseptor insulin (Ahmad et al., 2021; Chiang et al., 2019). Program aktivitas fisik yang dianjurkan untuk mengontrol kadar glukosa darah adalah melakukan latihan fisik selama 3-5 hari/minggu dengan waktu 30-45 menit atau 150 menit/minggu, jeda antar latihan tidak lebih dari 2 hari berturut-turut. Latihan fisik dilakukan dengan intensitas sedang, seperti jalan cepat, bersepeda santai, dan berenang (PERKENI, 2021).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Siregar *et al.* 2023) hasil uji *chi-square* menunjukkan bahwa nilai  $p\text{-value}=0,000$  ( $p<0,05$ ). Hal ini membuktikan bahwa ada hubungan aktivitas fisik dengan kadar glukosa darah pada pasien diabetes mellitus di RSUD Koja Jakarta tahun 2022. Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Amirudin (2023) menunjukkan adanya hubungan signifikan antara aktifitas fisik dengan kadar glukosa darah  $p\text{ value}=0,000$  ( $p< 0,05$ ) pada pasien diabetes melitus di RSUD Abdoel Moeloek Lampung.

## B. Kerangka Teori Penelitian



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Sumber: Modifikasi (Delfina *et al*, 2021; PERKENI, 2021; Ekasari *et al.*, 2022)