

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Diabetes Melitus**

##### **2.1.1 Pengertian Diabetes Melitus**

Berdasarkan World Health Organization (WHO), penyakit diabetes melitus didefinisikan sebagai gangguan metabolisme yang berlangsung lama, yang diindikasikan oleh tingkat glukosa darah yang tinggi (hiperglikemia). Kondisi ini terjadi akibat pankreas tidak mampu memproduksi insulin dalam kuantitas yang mencukupi atau karena tubuh tidak bisa memanfaatkan insulin yang dihasilkan dengan efisien. Insulin memiliki peran penting dalam mengatur glukosa memasuki sel sebagai sumber energi atau tenaga. Jika kerja insulin terganggu, glukosa akan terus berada dalam aliran darah agar tingkat glukosa bertambah secara terus menerus. Keadaan hiperglikemia yang berkepanjangan dapat mengakibatkan berbagai gangguan metabolik dan merusak fungsi organ tubuh secara perlahan (Rif'at et al., 2023).

Dalam perspektif sebagai gangguan metabolik, diabetes melitus tidak hanya mengganggu metabolisme karbohidrat, namun juga mempengaruhi metabolisme lemak serta protein. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan proses metabolik dalam tubuh, sehingga sel tidak memanfaatkan glukosa dengan optimal yang akhirnya menumpuk di dalam aliran darah. Penimbunan glukosa yang berlangsung terus menerus akan memicu terjadinya hiperglikemia kronis yang dapat mengganggu fungsi sistem organ. Perubahan metabolik yang berkepanjangan dapat memperburuk keadaan klinis dan memicu komplikasi. Hiperglikemia yang

tidak terkontrol dapat merusak dinding pembuluh darah baik yang minor maupun yang mayor sehingga meningkatkan risiko terjadinya komplikasi mikrovaskuler dan makrovaskuler (Darmawan et al., 2026).

### **2.1.2 Klasifikasi Diabetes Melitus**

Diabetes melitus diklasifikasikan menjadi 2, yaitu:

#### **1. Diabetes melitus tipe 1**

DM tipe 1 adalah penyakit autoimun yang ditandai oleh tingkat rendahnya kadar insulin akibat kerusakan terhadap sel beta di pankreas. Pada kondisi ini, sistem imun secara salah mengenali sel-sel tersebut sebagai ancaman, sehingga terjadi peradangan dan hancurnya sel beta yang berperan dalam memproduksi insulin. Akibatnya, tubuh mengalami kekurangan insulin secara signifikan dan tidak lagi mampu mengatur kadar glukosa darah secara efektif, sehingga glukosa menumpuk dalam darah dan menimbulkan hiperglikemia kronis. Kondisi ini kemudian berpotensi menyebabkan berbagai gangguan metabolisme dan kerusakan jaringan apabila tidak ditangani dengan tepat (Fauziani et al., 2024).

#### **2. Diabetes melitus tipe 2**

DM tipe 2 merupakan penyakit metabolik jangka panjang yang ditandai dengan tingginya kadar glukosa dalam darah yang tinggi (hiperglikemia) akibat tubuh kurang sensitif terhadap insulin dan juga produksi insulin yang tidak mencukupi kebutuhan tubuh. Dalam situasi ini, sel-sel tubuh, terutama otot dan jaringan lemak, menjadi “kurang sensitif” terhadap insulin, sehingga glukosa sulit masuk ke sel dan terakumulasi di dalam aliran darah. Di sisi lain, sel-sel penghasil insulin di pankreas menurun kemampuannya, sehingga jumlah insulin yang dihasilkan tidak seimbang dengan kebutuhan dan tidak

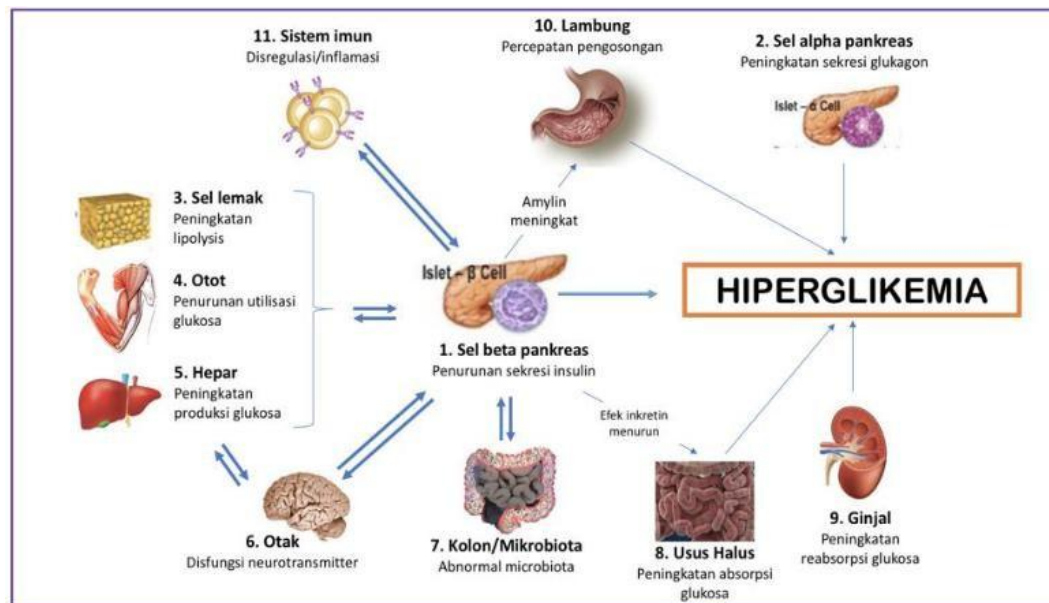
mampu mengatasi tingginya kadar glukosa darah. Akibatnya, pengaturan glukosa darah menjadi kacau, mulai terbentuk hiperglikemia yang berlangsung dalam jangka waktu lama (Oktariana et al., 2024).

### 2.1.3 Etiologi Diabetes Melitus

Penyakit DM dipengaruhi oleh beberapa faktor risiko yang saling terkait, yaitu gaya hidup, faktor genetik dan riwayat kesehatan individu yang dapat memicu gangguan kerja insulin. Pola hidup yang tidak baik seperti kelebihan berat badan atau biasa dikenal sebagai obesitas, minimnya kegiatan fisik, konsumsi makanan kaya kalori rendah serat, serta kebiasaan merokok atau paparan asap rokok dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan kerja insulin. Selain itu, faktor usia juga berperan penting karena risiko diabetes cenderung meningkat seiring bertambahnya usia, terutama apabila disertai stres dan tekanan darah tinggi. Faktor genetik seperti riwayat keluarga dengan diabetes melitus juga menjadi penyebab kuat, secara keseluruhan dari faktor-faktor tersebut saling berikatan dan meningkatkan kemungkinan terjadinya diabetes melitus (Lestari et al., 2021).

Di samping faktor-faktor tersebut, terdapat penyebab lain yang turut memperburuk risiko namun sering kali tidak disadari, seperti ketidakseimbangan profil lipid (lemak) dalam darah dan kebiasaan konsumsi makanan tinggi glukosa dan rendah serat. Beberapa kondisi khusus juga dapat meningkatkan kerentanan seseorang terhadap penyakit diabetes melitus, misalnya riwayat gangguan metabolisme saat kehamilan atau faktor bawaan sejak lahir yang memengaruhi kondisi tubuh di kemudian hari. Variasi karakteristik biologis seperti jenis kelamin dan riwayat keluarga juga dapat memengaruhi tingkat risiko (Widiasari et al., 2021).

### 2.1.4 Patofisiologi Diabetes Melitus



**Gambar 2. 1** Patofisiologi DM, Sumber: PARKENI, 2021

Patofisiologi DM melibatkan gangguan pada sekresi insulin yang dapat memicu terjadinya hiperglikemia kronis. Pada diabetes tipe 1, proses autoimun menginfeksi dan merusak sel beta pankreas sehingga produksi insulin gagal sepenuhnya mengakibatkan glukosa tidak bisa memasuki sel sebagai sumber tenaga, sedangkan hati tetap memproduksi glukosa. Glukosa dari makanan juga tidak dapat diserap secara optimal, kondisi ini menyebabkan kadar glukosa darah meningkat secara signifikan. Saat tingkat glukosa darah melampaui batas normal, glukosa akan keluar bersama urine atau disebut sebagai glukosuria yang menyebabkan gejala diabetes melitus (Firdausy et al., 2022).

Kekurangan insulin juga mengganggu metabolisme protein, dimana protein dalam darah tidak tersimpan di jaringan sehingga berat badan menurun, serta metabolisme lemak yang meningkat pesat (lipolisis berlebih) berpotensi menimbulkan ketoasidosis. Pada diabetes tipe 2, terjadi resistensi insulin pada otot dan jaringan perifer atau jaringan luar, sehingga insulin yang dihasilkan tidak dapat bekerja dengan baik. Sel beta pankreas akan meningkatkan produksi insulin secara

signifikan untuk menjaga kadar glukosa darah normal, terutama pada tahap awal gangguan toleransi glukosa. Namun, kondisi resistensi insulin akan berlanjut, sehingga kemampuan sel beta akan menurun secara bertahap.

Mengakibatkan produksi insulin menurun dan tubuh semakin tidak dapat mengontrol kadar glukosa darah. Kondisi ini menyebabkan gangguan toleransi glukosa dapat berlanjut menjadi diabetes melitus tipe 2. Jika berlangsung lama tanpa pengendalian yang baik, hiperglikemia kronis pada diabetes melitus tipe 2 juga akan menimbulkan berbagai komplikasi (Dewi et al., 2022).

### **2.1.5 Komplikasi Diabetes Melitus**

Menurut Rif'at et al., 2023 diabetes melitus dapat menyebabkan berbagai komplikasi, yaitu komplikasi mikrovaskuler dan makrovaskuler:

#### **1. Komplikasi mikrovaskuler**

Komplikasi mikrovaskuler merupakan kerusakan pembuluh darah kecil yang mencakup neuropati, nefropati dan retinopati. Neuropati adalah kerusakan saraf perifer yang dapat menyebabkan gangguan sensasi, nyeri maupun kelemahan pada anggota gerak. Nefropati merupakan gangguan fungsi ginjal akibat kerusakan pembuluh darah kecil pada ginjal, sedangkan retinopati terjadi akibat lesi pada pembuluh darah retina yang dapat mengganggu fungsi penglihatan.

#### **2. Komplikasi makrovaskuler**

Komplikasi makrovaskuler merupakan kerusakan di dalam pembuluh darah besar terutama arteri yang mencakup penyakit jantung koroner, stroke serta insufisiensi sirkulasi pada pembuluh darah perifer. Kondisi tersebut dapat mengganggu aliran darah ke organ dan jaringan tubuh sehingga memperberat

kondisi penderita diabetes melitus dan meningkatkan risiko penurunan fungsi organ.

### 2.1.6 Gejala Klinis Diabetes Melitus

Menurut Lestari et al., 2021 tanda dan gejala penyakit diabetes melitus diantaranya:

1. Poliuri (sering buang air kecil)

Penderita diabetes melitus mengalami frekuensi buang air kecil yang meningkat, terutama di malam hari, yang mengganggu waktu tidur mereka. Kondisi ini disebabkan oleh tingginya kadar glukosa dalam darah, yang mengakibatkan glukosa terbuang melalui urine. Jika konsentrasi urine yang diproduksi lebih rendah, tubuh akan menyerap sebanyak mungkin air ke dalam urine supaya jumlah urine menjadi banyak. Akibatnya, tubuh dehidrasi dan penderita haus berlebihan (polidipsi), ingin meminum air banyak terutama yang dingin, manis dan segar.

2. Polifagia (mudah lapar)

Penderita DM mengalami nafsu makan yang meningkat dan sering merasa lemas atau kurang bertenaga. Insulin menjadi bermasalah, meskipun kadar glukosa darah tinggi, insulin yang tidak memadai membuat glukosa sulit masuk ke dalam sel-sel dari tubuh untuk menjadi energi. Sel kekurangan glukosa dan otak mengira kekurangan energi disebabkan karena kurang makan, lalu tubuh memicu rasa lapar agar makan lebih banyak.

3. Polidipsia (mudah haus)

Penderita merasakan haus yang berlebihan akibat dehidrasi yang timbul karena banyak cairan tubuh dalam jumlah besar yang terbuang melalui urine. Kehilangan cairan ini bukan hanya sekedar volume yang berkurang tetapi juga

perubahan keseimbangan elektrolit dan osmolaritas plasma. Rasa haus yang timbul mendorong pasien untuk minum lebih sering dan dalam jumlah yang banyak untuk menggantikan cairan yang hilang dan mengembalikan keseimbangan internal tubuh.

Gejala tambahan dari komplikasi yang diderita biasanya seperti kaki kebas atau kesemutan, gatal-gatal serta luka yang sulit sembuh.

## **2.2 Hipertensi**

### **2.2.1 Pengertian Hipertensi**

Hipertensi sekarang ini diakui sebagai salah satu penyakit tidak menular (PTM) yang menjadi masalah kesehatan serius di masyarakat Indonesia. Hipertensi diartikan sebagai keadaan yang ditandai oleh peningkatan tekanan darah yang terusmenerus dalam sistem sirkulasi darah hingga melampaui nilai normal. Kondisi ini biasanya berkembang secara bertahap dan tidak menunjukkan tanda-tanda yang khas pada awalnya, sehingga banyak pasien sering kali tidak sadar sedang mengalami hipertensi. Oleh karena itu hipertensi sering dirujuk sebagai “silent killer/pembunuh tanpa tanda” karena bisa menimbulkan dampak serius tanpa disadari dalam waktu yang lama (Nursofiati et al., 2023).

Secara medis, hipertensi diartikan sebagai keadaan di mana tekanan darah sistolik melebihi 140 mmHg dan tekanan diastolik melebihi 90 mmHg dalam dua pengukuran yang terpisah dengan selang waktu lima menit, dalam situasi istirahat yang cukup tenang. Apabila situasi ini terus berlanjut dalam jangka waktu lama tanpa penanganan yang sesuai, tekanan darah tinggi bisa mengakibatkan kerusakan pada organ-organ penting seperti hati, ginjal, dan otak sehingga dapat menimbulkan komplikasi yang berbahaya serta menurunkan kualitas hidup (Zaiyan, 2025).

### 2.2.2 Klasifikasi Hipertensi

Menurut Manalu et al., 2023 hipertensi dapat diklasifikasikan berdasarkan penyebab dan tingkat keparahannya. Klasifikasi medis menyebutkan bahwa hipertensi umumnya dibedakan menjadi 2, yaitu:

#### 1. Hipertensi Primer (esensial)

Hipertensi primer adalah kondisi yang tidak mempunyai penyebab tunggal yang jelas dan paling sering ditemukan pada masyarakat umum. Kondisi ini bersifat multifactorial yang berhubungan dengan berbagai faktor, seperti faktor genetik, gaya hidup, minimnya kegiatan fisik dan stres. Selain faktor tersebut, hipertensi primer juga dapat dipengaruhi oleh faktor usia, obesitas, konsumsi alkohol dan kebiasaan merokok. Hipertensi primer berkembang secara perlahan dalam jangka periode yang cukup panjang sehingga penderita sering kali tidak menyadari mengalami peningkatan tekanan darah. Karena sifatnya yang tidak bergejala pada fase awal dan baru terdiagnosis ketika komplikasi sudah muncul.

#### 2. Hipertensi Sekunder

Hipertensi sekunder muncul karena adanya penyakit atau kondisi medis lain seperti gangguan ginjal kronis, penyakit endokrin, penyempitan pembuluh darah, atau pemakaian obat-obatan tertentu dalam jangka panjang. Hipertensi sekunder umumnya memiliki penyebab yang lebih jelas dan dapat diidentifikasi sehingga tekanan darah dapat membaik apabila penyakit yang menyertainya dapat ditangani dengan baik. Oleh sebab itu, pengidentifikasian awal dan diagnosis yang akurat sangat krusial untuk membedakan hipertensi primer dan sekunder.

### 2.2.3 Faktor Risiko Hipertensi

Hipertensi dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti usia, keturunan, kebiasaan merokok, obesitas, pola hidup yang tidak sehat serta stres. Bertambahnya umur menyebabkan penebalan dinding arteri disebabkan oleh akumulasi kolagen pada lapisan pembuluh darah. Keadaan ini membuat pembuluh darah menyempit dan kaku, sehingga sirkulasi darah menjadi tidak lancar dan tekanan darah naik. Selain itu, kurangnya olahraga dapat memperburuk kondisi tubuh karena dapat menurunkan fungsi jantung, paru-paru dan pembuluh darah. Disisi lain, konsumsi garam atau natrium secara berlebihan dapat menahan air di dalam pembuluh darah sehingga meningkatkan jumlah darah dan beban jantung. Kondisi ini lebih berisiko terjadi pada lansia yang kehilangan sensitivitas indera perasa sehingga rentan kelebihan asupan garam yang dikonsumsi (Syarli & Arini, 2021).

### 2.2.4 Patofisiologi Hipertensi

Patofisiologi hipertensi melibatkan peningkatan tekanan darah arteri secara kronis akibat ketidakseimbangan antara detak jantung dan hambatan vaskular perifer yang berpotensi mengakibatkan kerusakan pada organ sasaran seperti jantung, otak, ginjal dan pembuluh darah. Ginjal mengatur tekanan darah melalui diuresis dan natriuresis, gangguannya menyebabkan retensi cairan dan natrium, diperparah sistem renin-angiotensin-aldosteron (RAAS) yang memproduksi angiotensin II sebagai vasokonstriktor kuat, merangsang reabsorpsi natrium, pelepasan aldosteron, serta produksi superoksida via NADPH oksidase. Vasokonstriksi oleh katekolamin, vasopresin dan angiotensin II disertai disfungsi endotel (kekurangan nitrat oksida), remodeling arteri (kekakuan, fibrosis, inflamasi), serta hiperaktivitas simpati pusat yang meningkatkan resistensi vaskular dan produksi renin, ditambah akumulasi sel inflamasi yang menghasilkan sitokin

dan ROS, dengan faktor genetik yang memperkuat kerentanan terhadap patogenesis ini (Damayanti et al., 2023).

### **2.2.5 Hubungan Hipertensi dengan Diabetes Melitus**

Hipertensi dan diabetes melitus saling terkait dengan sangat erat karena kedua kondisi tersebut saling mempengaruhi dan memperburuk keadaan tubuh melalui kerusakan pembuluh darah. Hiperglikemia pada diabetes melitus merusak endotelium, yaitu lapisan sel tipis yang menutupi sisi bagian dalam pembuluh darah. Kerusakan endotelium ini mengakibatkan fungsi pembuluh darah terganggu sehingga pembuluh darah menjadi keras dan meningkatkan resistensi vaskular yang memicu risiko terjadinya hipertensi. Sebaliknya, tekanan darah tinggi pada pasien hipertensi dapat mempercepat proses pengerasan atau penyempitan dan pengerasan pembuluh darah karena akumulasi plak atau aterosklerosis. Keadaan ini dapat memperburuk aliran darah ke berbagai organ tubuh dan menambah kemungkinan terjadinya komplikasi pada penderita diabetes melitus seperti penyakit jantung koroner, stroke, nefropati diabetes, dan retinopati diabetes yang mengakibatkan masalah penglihatan. Karena itu, hipertensi dan diabetes melitus sering dianggap sebagai dua kondisi yang saling berhubungan dan memerlukan pencegahan kerusakan organ yang lebih berat (Sinaga, 2024).

Selain itu, hipertensi dapat memperburuk kondisi resistensi insulin pada penderita DM sehingga tubuh menjadi lebih sulit memanfaatkan insulin secara efisien dalam mengontrol kadar glukosa darah. Tekanan darah yang tinggi dapat mengganggu regulasi volume cairan tubuh serta meningkatkan retensi natrium di ginjal yang menyebabkan keseimbangan cairan dan fungsi ginjal menjadi terganggu. Kondisi ini dapat memperberat kontrol glikemik karena kadar glukosa darah menjadi sulit terkontrol. Hipertensi juga mempercepat terjadinya kerusakan

pembuluh darah atau komplikasi vascular, baik pembuluh arteri besar maupun pembuluh arteri kecil, sehingga risiko komplikasi seperti penyakit jantung, stroke, gangguan ginjal dan kerusakan retina menjadi semakin tinggi. Dengan demikian, hipertensi tidak hanya berdiri sebagai penyakit terpisah, tetapi juga sebagai faktor yang memperparah perjalanan klinis pada pasien dengan diabetes melitus (Hansah & Anugrah, 2026).

### **2.3 Ciri-ciri Penderita DM dengan Komorbid Hipertensi**

Pasien diabetes melitus dengan komorbid hipertensi umumnya menunjukkan beberapa karakteristik klinis yang saling berkaitan, seperti peningkatan tingkat glukosa dalam darah dan tekanan darah, disertai dengan gejala seperti sering merasa haus (polidipsia), sering berkemih (poliuria) terutama di malam hari, mudah merasa lelah, pandangan kabur, serta luka yang sulit sembuh. Selain itu, penderita juga sering mengalami kesemutan pada ekstremitas akibat neuropati diabetik dan pada banyak kasus juga ditemukan obesitas yang semakin memperburuk resistensi insulin serta meningkatkan beban kerja sistem kardiovaskular, sehingga penderita berisiko lebih besar mengalami komplikasi mikrovaskular dan makrovaskular seperti serangan jantung, stroke dan gangguan ginjal. Kombinasi diabetes melitus dan hipertensi dapat mempercepat kerusakan pembuluh darah secara progresif, mengganggu fungsi organ sasaran seperti jantung, ginjal, mata dan otak. sehingga diperlukan pengelolaan terapi yang optimal serta pemantauan rutin terhadap kadar glukosa darah, tekanan darah, pola makan, aktivitas fisik dan kepatuhan penggunaan obat untuk mencegah terjadinya komplikasi lebih lanjut (Azzahra et al., 2026).

## **2.4 Glukosa Darah**

### **2.4.1 Pengertian Glukosa Darah**

Glukosa dalam darah merupakan molekul gula sederhana atau monosakarida yang menjadi penyedia energi untuk sel-sel tubuh terutama untuk kebutuhan jaringan yang sangat bergantung pada sumber dari glukosa seperti otak, sel darah merah dan otot. Setelah pencernaan karbohidrat pada saluran pencernaan, glukosa yang dihasilkan diserap melalui mukosa usus halus lalu masuk kedalam aliran darah portal, mengalami proses dalam hati sebelum didistribusikan ke sirkulasi sistemik. Insulin yang diproduksi oleh sel beta di pankreas mengikat reseptor insulin pada membran sel sasaran termasuk sel otot, sel lemak dan sel hati. Setelah menempel, insulin memicu sinyal di dalam sel yang membuat transporter GLUT4 (Glucose Transporter 4) berpindah ke permukaan sel. GLUT4 di permukaan sel membantu memasukkan glukosa dari darah masuk ke dalam sel, lalu glukosa dipakai untuk menghasilkan energi lewat glikolisis atau disimpan sebagai glikogen untuk cadangan energi (Julianti, 2021).

### **2.4.2 Metabolisme Glukosa Darah**

Metabolisme glukosa darah merupakan proses fisiologis kompleks yang berfungsi menjaga keseimbangan kadar glukosa darah dalam batas normal sehingga tubuh memiliki sumber energi yang stabil. Glukosa yang diserap dari makanan terbentuk dari pencernaan karbohidrat di usus lalu diserap melalui mukosa usus halus dan masuk ke dalam sirkulasi darah, kenaikan kadar glukosa akan merangsang sel beta pankreas melepaskan hormon insulin ke dalam aliran darah. Insulin berikatan dengan reseptor pada permukaan sel target, terutama sel lemak dan sel otot yang memicu translokasi protein pengangkut GLUT4 (Glucose Transporter 4) ke membran plasma sehingga kemampuan sel untuk mengambil

glukosa dari cairan ekstraseluler meningkat. Setelah masuk ke dalam sitoplasma, glukosa segera difosforilasi oleh enzim heksokinase menjadi glukosa-6-fosfat, langkah awal yang “mengunci” glukosa di dalam sel dan menyalurkannya ke jalur metabolik selanjutnya. Terutama jalur glikolisis, dimana glukosa-6-fosfat diolah melalui serangkaian reaksi untuk menghasilkan Adenosin Trifosfat (ATP) sebagai sumber energi seluler, sementara kelebihan glukosa dapat diubah menjadi glikogen untuk penyimpanan jangka pendek atau dialihkan ke jalur lain sesuai kebutuhan metabolik tubuh (Anggita et al., 2024).

#### **2.4.3 Jenis Pemeriksaan Glukosa Darah**

Menurut Alydrus & Fauzan, 2022 jenis-jenis pemeriksaan kadar glukosa dalam darah sebagai berikut:

1. Glukosa darah sewaktu (GDS/GDA)

Glukosa darah sewaktu adalah tes yang mengukur kadar glukosa yang dapat dilakukan kapan saja, tanpa perlu memperhatikan waktu berpuasa atau makanan terakhir. Pemeriksaan ini biasanya digunakan sebagai tes skrining awal untuk mengidentifikasi kemungkinan penyakit diabetes melitus atau masalah metabolisme glukosa. Tes glukosa darah sewaktu adalah pengukuran kadar glukosa yang bisa dilakukan setiap saat, tanpa memperhitungkan waktu puasa atau makanan terakhir. Pemeriksaan ini umumnya digunakan sebagai tes awal untuk mendeteksi kemungkinan penyakit diabetes melitus atau gangguan metabolisme glukosa.

2. Glukosa darah puasa (GDP)

Glukosa puasa adalah kadar glukosa dalam darah yang memerlukan pasien untuk berpuasa antara 8-10 jam, karena tidak dipengaruhi asupan makanan terakhir. Hasil pemeriksaan ini dapat menggambarkan kondisi

keseimbangan glukosa secara keseluruhan dan sering digunakan untuk skrining serta pemantauan penyakit diabetes melitus, sehingga sebaiknya pemeriksaan ini rutin dilakukan.

### 3. Glukosa 2JPP

Glukosa 2JPP (2 jam post prandial) merupakan jenis tes untuk mengukur kadar glukosa dalam darah yang dilaksanakan dengan pengambilan sampel darah 2 jam setelah pasien makan. Pemeriksaan ini biasa dilakukan untuk menilai respons metabolik terhadap konsumsi karbohidrat 2 jam setelah makan.

### 4. Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

TTGO adalah pemeriksaan yang digunakan untuk menilai kemampuan tubuh dalam mendeteksi gangguan toleransi glukosa, metabolisme glukosa, prediabetes maupun diabetes melitus. Pemeriksaan ini memerlukan pasien untuk berpuasa selama 8-12 jam, kemudian pasien mengonsumsi larutan yang mengandung 75 gram glukosa. Tingkat glukosa dalam darah diperiksa dua kali yaitu sebelum dan setelah 2 jam minum larutan tersebut.

### 5. HbA1c

HbA1c (Hemoglobin A1c) adalah jenis pemeriksaan glukosa yang dapat dilakukan kapan saja tanpa perlu berpuasa. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengevaluasi rata-rata kadar glukosa darah dalam 2-3 bulan terakhir, karena HbA1c mencerminkan pengikatan glukosa dengan hemoglobin eritrosit yang memiliki masa hidup sekitar 120 hari.

## 2.4.4 Nilai Normal Glukosa

Nilai normal glukosa darah merupakan ukuran konsentrasi glukosa di dalam darah yang dianggap sehat dan ideal untuk menjaga fungsi tubuh agar tidak terjadi

gangguan metabolik. Dibawah ini adalah nilai normal pemeriksaan kadar glukosa dalam darah:

**Tabel 2.1** Nilai Normal Pemeriksaan Glukosa Darah Sumber: World Health Organization (WHO), 2024

| Pemeriksaan Glukosa Darah         | Nilai Normal |
|-----------------------------------|--------------|
| Glukosa Darah Sewaktu (GDS/GDA)   | < 140 mg/dL  |
| Glukosa Darah Puasa (GDP)         | < 100 mg/dL  |
| Glukosa Darah 2JPP                | < 140 mg/dL  |
| Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) | < 140 mg/dL  |
| HbA1c                             | < 5,7%       |

#### 2.4.5 Faktor Yang Mempengaruhi

Tingkat glukosa dalam darah dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti umur, jenis kelamin dan genetika, karena dengan bertambahnya usia fungsi sel beta pankreas yang menghasilkan insulin cenderung mengalami penurunan serta sensitivitas jaringan terhadap insulin melemah sehingga kemampuan tubuh mengatur kadar glukosa mengalami penurunan dan meningkatkan risiko hiperglikemia. Selain itu, faktor pola makan khususnya asupan nutrisi, protein, lemak dan karbohidrat yang berlebihan serta kurang serat. Kekurangan serat dapat memperburuk respons glukosa karena serat membantu memperlambat penyerapan gula dan memperbaiki kontrol glikemik. Aktivitas fisik yang rendah dapat mempercepat penurunan massa otot dan kapasitas otot untuk menggunakan glukosa sehingga memperburuk regulasi glukosa darah. Faktor lain seperti stres dapat meningkatkan sekresi hormon kontra insulin seperti kortisol yang menyebabkan gluconeogenesis dan kadar glukosa darah meningkat. Pola tidur tidak teratur berkaitan dengan disregulasi hormon metabolik dan penurunan sensitivitas insulin. Kebiasaan merokok merusak fungsi endotel dan memicu peradangan sistemik yang berhubungan dengan peningkatan resistensi insulin. Selain itu,

adanya penyakit kronis seperti obesitas dan hipertensi seringkali hadir bersamaan yang dapat mengganggu metabolisme karbohidrat dan memperparah kontrol glukosa, karena faktor-faktor ini dapat meningkatkan resistensi insulin dan mengganggu metabolisme karbohidrat (Amalia et al., 2026).

## **2.5 Pemeriksaan Glukosa Darah**

### **2.5.1 Metode dan Prinsip**

Menurut Wulandari et al., 2024 metode dan prinsip pemeriksaan glukosa darah ada 5, yaitu:

#### **1. Metode Enzimatik**

Metode enzimatik merupakan metode pemeriksaan glukosa darah yang memanfaatkan enzim sebagai katalis reaksi. Metode ini memiliki akurasi yang lebih tinggi dibanding metode kimiawi sehingga lebih sering digunakan dalam pemeriksaan laboratorium saat ini. Metode enzimatik meliputi metode GOD-PAP, dehydrogenase (POCT) dan heksokinase.

##### **a. Metode GOD-PAP (Glucose Oxidase-Peroxidase Aminophenazone)**

Metode GOD-PAP adalah teknik yang menggunakan enzim glukosa oksidase (GOD) dan peroksidase (POD). Glikogen dalam contoh serum atau plasma dioksidasi oleh enzim glukosa oksidase menjadi asam glukonat dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Hidrogen peroksida yang dihasilkan kemudian bereaksi dengan fenol dan 4-aminoantipirin menggunakan enzim peroksidase, membentuk senyawa quinoneimine yang berwarna merah. Warna yang terbentuk berkaitan dengan kadar glukosa dalam sampel dan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu. Metode ini memiliki keunggulan dalam hal

akurasi yang sangat tinggi, sehingga menjadikannya salah satu teknik yang paling umum diterapkan untuk mengukur glukosa darah di laboratorium.

b. Metode Dehidrogenase/Point of Care Testing (POCT)

Metode POCT merupakan metode pemeriksaan glukosa dalam darah yang memanfaatkan enzim glukosa dehidrogenase dan prinsip elektrokimia. Pada metode ini, glukosa dalam sampel darah kapiler bereaksi dengan enzim yang terdapat pada strip uji sehingga menghasilkan elektron yang membentuk arus listrik. Kekuatan arus listrik yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi glukosa dalam darah dan kemudian dalam alat glukometer menjadi hasil pengukuran kadar glukosa darah. Metode ini memiliki kelebihan berupa proses pemeriksaan yang cepat, praktis serta dapat dilakukan diluar laboratorium. Akan tetapi, hasil pemeriksaan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kadar hematokrit, kualitas strip uji dan kondisi alat yang digunakan, sehingga memerlukan kalibrasi dan kontrol mutu secara berkala untuk menjaga akurasi hasil pemeriksaan.

c. Metode Heksokinase

Metode heksokinase merupakan metode enzimatik yang menggunakan enzim heksokinase katalis dalam reaksi pengukuran glukosa darah. Pada tahap pertama, glukosa bereaksi dengan adenosin trifosfat (ATP) membentuk glukosa-6-fosfat dan adenosin (ADP), selanjutnya glukosa-6-fosfat dioksidasi oleh enzim glukosa-6-fosfat dehidrogenase sehingga menghasilkan nikotinamida adenin dinukleotida fosfat (NADPH). Jumlah NADPH yang dihasilkan berbanding lurus dengan konsentrasi glukosa dalam sampel dan diukur menggunakan

spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu. Metode ini dianggap sebagai metode rujukan karena memiliki akurasi yang sangat tinggi serta adanya zat pengganggu yang tidak diinginkan di dalam sampel atau interferensi yang lebih rendah dibandingkan metode enzimatik yang lainnya. Selain itu, penggunaan alat otomatis pada metode ini dapat mengurangi risiko kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia.

## 2. Metode Kimiawi

Metode kimiawi merupakan metode pemeriksaan glukosa darah yang didasarkan pada sifat kimia glukosa, terutama kemampuannya sebagai zat pereduksi. Pada metode ini, kadar glukosa ditentukan melalui reaksi kimia yang menghasilkan perubahan warna, kemudian diukur menggunakan alat tertentu. Metode kimiawi terdiri atas metode reduktometri (Folin-Wu) dan metode furfural (Anthrone).

### a. Metode Reduktometri (Folin-Wu)

Metode reduktometri atau Folin-Wu merupakan metode pemeriksaan glukosa darah yang didasarkan pada kemampuan glukosa mereduksi ion logam dalam suasana alkali panas. Pada metode ini, protein dalam sampel darah terlebih dahulu diendapkan dengan asam tungstat dan dipisahkan melalui cara sentrifugasi. Filtrat yang memiliki glukosa kemudian direaksikan dengan larutan tembaga sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) sehingga ion tembaga direduksi menjadi oksida tembaga. Oksida tembaga yang terbentuk selanjutnya bereaksi dengan asam fosfomolibdat menghasilkan warna biru molibdenum atau biru pekat yang intensitasnya setara dengan jumlah glukosa dalam sampel. Warna tersebut diukur secara kolorimetri pada panjang gelombang sekitar 430 nm. Metode ini memiliki kelebihan

berupa proses reaksi yang relatif cepat, namun kurang spesifik karena zat pereduksi lain selain glukosa juga dapat ikut bereaksi sehingga memengaruhi hasil pemeriksaan.

b. Metode Furfural (Anthrone)

Metode furfural atau Anthrone merupakan metode kimiawi yang menggunakan pereaksi anthrone dalam suasana asam sulfat pekat untuk mendeteksi kandungan glukosa. Dalam kondisi pemanasan, glukosa akan mengalami dehidrasi membentuk senyawa furfural yang kemudian bereaksi dengan anthrone menghasilkan warna biru kehijauan. Intensitas warna yang terbentuk diukur menggunakan spektrofotometer dan digunakan untuk menentukan konsentrasi gula dalam sampel. Cara ini memiliki tingkat kepekaan yang cukup baik dan dapat digunakan untuk analisis berbagai jenis karbohidrat. Namun, penggunaannya saat ini sudah sangat terbatas karena memerlukan prosedur yang relatif panjang, melibatkan pemanasan, serta menggunakan bahan kimia yang bersifat korosif dan berpotensi membahayakan analis maupun peralatan laboratorium. Oleh karena itu, metode ini telah banyak digantikan oleh metode enzimatik yang lebih aman dan spesifik.

### 2.5.2 Tahap Pra Analitik

Tahap pra analitik adalah tahap pertama dalam tahapan analisis laboratorium klinik yang melibatkan serangkaian kegiatan kritis dimulai dari:

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan sesuai dengan prosedur pengambilan sampel dan pemeriksaan.

2. Tenaga laboratorium memakai alat pelindung diri (APD) seperti masker kesehatan, jas laboratorium, handscoon untuk melindungi diri dari paparan zat infeksius sekaligus mencegah terjadinya kontaminasi.
3. Persiapan pasien sebelum pengambilan sampel, seperti memberikan informasi kepada pasien mengenai persyaratan sebelum pengambilan sampel, contohnya membutuhkan pasien untuk puasa atau ketentuan lainnya guna mendapatkan hasil pemeriksaan yang akurat.
4. Pengambilan sampel atau spesimen sesuai prosedur untuk memperoleh sampel yang baik, menjaga kenyamanan pasien serta meminimalkan risiko kontaminasi.
5. Pemberian identitas pada setiap sampel seperti nama pasien, usia, jenis pemeriksaan serta tanggal dan waktu pengambilan sampel, untuk memastikan ketepatan identitas dan mencegah kesalahan dalam pemeriksaan.
6. Penyimpanan sampel dalam wadah sesuai jenis pemeriksaannya yang telah diberi identitas. Selama penyimpanan, suhu dan kondisi lingkungan dijaga sesuai persyaratan jenis sampel untuk mencegah kerusakan atau kontaminasi. Sampel kemudian dikemas dengan aman dan dikirim ke laboratorium secepat mungkin menggunakan prosedur transportasi yang telah ditetapkan agar kualitas sampel tetap terjaga.

Tahap ini memiliki peranan penting karena kesalahan pada tahap ini dapat mempengaruhi ketepatan dan keakuratan hasil pemeriksaan laboratorium (Nabilah et al., 2023).

### **2.5.3 Tahap Analitik**

Tahap analitik merupakan proses inti dalam pemeriksaan laboratorium yang dilakukan setelah tahap pra analitik. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan sampel

menggunakan alat, reagen dan metode pemeriksaan yang telah ditetapkan secara standar untuk mendapatkan hasil pemeriksaan yang akurat, presisi dan dapat dipertanggungjawabkan. Hasil laboratorium sangat dipengaruhi oleh mutu dan kualitas pada fase analitik karena kesalahan yang muncul pada tahap ini dapat mengakibatkan hasil pemeriksaan tidak sesuai dengan keadaan klinis pasien (Anggraini et al., 2022).

#### **2.5.4 Tahap Pasca Analitik**

Tahap pasca analitik adalah tahap akhir dalam proses pemeriksaan laboratorium yang terdiri dari validasi, interpretasi, pelaporan hasil dan evaluasi hasil pemeriksaan sebelum digunakan dalam pengambilan keputusan klinis. Pada pemeriksaan kadar glukosa darah, tahap pasca-analitik memiliki peranan yang sangat penting karena hasil yang dilaporkan akan menjadi dasar dalam diagnosis dan pemantauan penyakit seperti diabetes melitus. Oleh karena itu, ketepatan interpretasi hasil dan kesesuaian hasil pemeriksaan harus diperhatikan agar tidak menimbulkan kesalahan klinis yang berakibat fatal pada pasien (Kasiawati et al., 2026).

#### **2.6 Hubungan Diabetes Melitus dengan Hipertensi**

Diabetes melitus dengan hipertensi memiliki hubungan patofisiologis yang saling berikatan melalui beberapa mekanisme kompleks dalam tubuh yang melibatkan metabolisme, kardiovaskular dan ginjal. Pada individu yang menderita diabetes melitus, terdapat gangguan dalam metabolisme glukosa akibat kekurangan insulin yang mengakibatkan tingginya kadar gula darah dalam waktu yang lama yang dikenal sebagai hiperglikemia kronis, sehingga merusak dinding pembuluh darah dan fungsi endotel. Kerusakan ini mengakibatkan pembuluh darah menjadi

lebih kaku dan meningkatkan resistensi aliran darah, yang berkontribusi pada peningkatan tekanan darah. Di sisi lain, hipertensi atau tekanan darah tinggi dapat memperburuk kerusakan pada pembuluh darah, ginjal, dan organ lain yang berperan dalam pengaturan tekanan darah serta metabolisme glukosa, sehingga mempercepat kerusakan organ dan memperburuk kondisi diabetes melitus (Benedikta, 2025).

