

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Diabetes Mellitus (DM)**

##### **1. Definisi DM**

Pada tahun 2022, *World Health Organization* (WHO) menempatkan DM sebagai salah satu penyakit dengan prevalensi tertinggi secara global. Penyakit ini juga menduduki posisi keempat dalam prioritas riset penyakit degeneratif di berbagai belahan dunia. Sebagai kategori penyakit tidak menular (PTM), DM memicu gangguan metabolik kronis yang disebabkan oleh ketidakstabilan hormon insulin. Hal ini terjadi baik karena defisiensi produksi insulin maupun resistensi tubuh dalam memproses hormon tersebut guna menjaga keseimbangan glukosa darah (Hartono dan Ediyono, 2024).

Secara fisiologis, tubuh manusia mengandalkan insulin untuk mengontrol kadar glukosa darah yang berasal dari metabolisme makanan. Hormon yang dilepaskan oleh pankreas ini berfungsi sebagai pengatur utama yang memastikan glukosa dapat dibentuk, digunakan, dan disimpan secara seimbang di dalam tubuh. Namun pada kondisi DM, mekanisme ini terganggu sehingga terjadi peningkatan kadar glukosa darah secara patologis atau yang dikenal sebagai hiperglikemia (Marzel, 2021)

Pada penderita DM, terdapat gangguan pada mekanisme kerja insulin. Gangguan ini dapat berupa sel-sel tubuh yang tidak lagi responsif terhadap insulin (resistensi insulin) atau pankreas yang berhenti memproduksi insulin dalam jumlah yang cukup. Kondisi tersebut menyebabkan hiperglikemia yang persisten. Jika tidak ditangani dengan baik, hiperglikemia akan menimbulkan komplikasi

metabolik akut seperti ketoasidosis diabetik, serta dalam jangka panjang dapat mengakibatkan komplikasi kronis berupa kerusakan pada pembuluh darah, neuropati, nefropati, maupun retinopati diabetik (Mustofa, Purwono dan Ludiana, 2022)

## **2. Klasifikasi DM**

Menurut etiologi yang ditetapkan oleh *American Diabetes Association* (ADA) tahun 2020, DM diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama. Sistem klasifikasi ini telah disetujui dan diterapkan secara global oleh WHO, yaitu: DM tipe I, DM tipe II, dan DM gestasional.

### **a. DM tipe I**

Pada penderita DM tipe I, tubuh tidak mampu menghasilkan insulin karena sel beta pankreas telah mengalami kerusakan permanen. Hilangnya fungsi produksi insulin ini membuat penderitanya bergantung pada terapi insulin harian, sehingga penyakit ini sering disebut *Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (IDDM). Penyebab utamanya adalah penghancuran sel-sel penghasil insulin yang menyebabkan kekurangan hormon secara drastis. Indikator medis untuk mendiagnosis kondisi ini adalah ketika kadar glukosa darah saat puasa mencapai  $\geq 126$  mg/dL.

### **b. DM tipe II**

DM tipe II, atau *Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (NIDDM), merupakan gangguan metabolik yang ditandai oleh meningkatnya kadar glukosa darah karena adanya resistensi insulin. Pada kondisi ini, hormon insulin tidak mampu bekerja secara optimal dalam membantu masuknya glukosa ke jaringan tubuh. Resistensi insulin dapat terjadi akibat penurunan respons jaringan perifer

terhadap insulin serta berkurangnya kemampuan insulin dalam menekan produksi glukosa oleh hati. Akibatnya, pengangkutan glukosa ke dalam sel menjadi terganggu. Kekurangan insulin pada DM tipe II bersifat relatif, berbeda dengan defisiensi absolut pada DM tipe I. Pada tahap awal penyakit, penderita DM tipe II biasanya masih memiliki kadar insulin yang cukup, namun kadar glukosa darah tetap tinggi. Diagnosis DM tipe II ditegakkan saat kadar glukosa darah  $\geq 200$  mg/dL.

c. DM gestasional

DM gestasional adalah keadaan meningkatnya kadar glukosa darah yang muncul selama masa kehamilan pada seseorang yang sebelumnya memiliki kadar glukosa normal. Biasanya kondisi ini membaik setelah persalinan. Faktor risiko yang berperan dalam terjadinya DM gestasional antara lain usia ibu hamil di atas 25 tahun, riwayat keluarga dengan diabetes, sering mengalami infeksi, serta riwayat melahirkan bayi dengan berat lebih dari 4 kg. Rentang kadar glukosa darah normal pada kehamilan berkisar antara 70 - 100 mg/dL. Seseorang dikatakan menderita DM gestasional saat kadar glukosa darah melebihi 140 mg/dL setelah pemeriksaan toleransi glukosa oral.

### **3. Gejala DM**

DM kerap berkembang tanpa menimbulkan gejala yang jelas. Meski demikian, terdapat tanda-tanda tertentu yang perlu diantisipasi sebagai indikasi kemungkinan adanya diabetes. Beberapa gejala khas yang sering dialami penderita meliputi poliuria (sering buang air kecil), polidipsia (rasa haus berlebihan), dan polifagia (nafsu makan meningkat atau mudah merasa lapar). Selain itu, penderita juga dapat merasakan gangguan penglihatan, kesulitan dalam

koordinasi gerakan tubuh, sensasi keram pada tangan maupun kaki, munculnya rasa gatal yang cukup mengganggu, serta penurunan berat badan tanpa penyebab yang pasti (Fahriza, 2025)

a. Poliuria

Poliuria diidentifikasi sebagai manifestasi klinis awal pada penderita diabetes yang muncul ketika konsentrasi glukosa darah melampaui ambang batas ginjal, yakni sekitar 160 – 180 mg/dL. Tingginya kadar glukosa darah memaksa ginjal untuk mengekskresikan gula tersebut melalui urine. Fenomena ini memicu proses diuresis osmotik yang menyebabkan ginjal memproduksi urine dalam volume yang signifikan, sehingga penderita mengalami peningkatan frekuensi berkemih dengan jumlah urine yang berlebih.

b. Polidipsia

Polidipsia merupakan kondisi meningkatnya rasa haus secara berlebihan. Keadaan ini terjadi sebagai mekanisme kompensasi tubuh yang menyertai poliuria, di mana tubuh berusaha mempertahankan keseimbangan cairan dengan menggantikan volume cairan yang hilang akibat peningkatan pengeluaran urine (diuresis) yang berlebihan.

c. Polifagia

Polifagia merupakan kondisi meningkatnya rasa lapar secara berlebihan. Keadaan ini terjadi karena sel-sel, termasuk sel otak, mengalami kekurangan suplai energi akibat glukosa yang terdapat dalam darah tidak dapat masuk secara optimal ke dalam sel. Padahal, sel otak membutuhkan pasokan glukosa yang stabil dan berkelanjutan untuk menunjang fungsi metaboliknya.

d. Penurunan berat badan

Saat tubuh tidak mampu mengolah glukosa dengan baik, cadangan lemak akan dipecah untuk menghasilkan energi, yang pada akhirnya menyebabkan berat badan menurun secara signifikan. Gejala ini sering dibarengi dengan kondisi fisik yang mudah lelah dan lemah.

Gejala sensorik seperti mata kabur tiba-tiba, kesemutan pada tangan dan kaki, serta kulit yang menjadi sangat kering juga kerap muncul. Selain itu, tanda khas lainnya adalah adanya luka yang sulit mengering atau sembuh secara lambat dan sering kali mengalami infeksi berulang.

#### **4. Faktor resiko DM**

Berdasarkan hasil penelitian (Utomo dkk., 2020) terdapat beragam elemen yang dapat memperbesar peluang seseorang mengidap DM Tipe II. Para ahli kesehatan umumnya membagi risiko tersebut ke dalam dua kelompok besar. Ada faktor yang memang sudah bawaan dan tidak bisa diubah, namun ada pula faktor risiko yang sebenarnya bisa dikendalikan atau diperbaiki dengan cara mengadopsi pola hidup yang lebih sehat.

a. Faktor resiko yang tidak dapat diubah

1) Riwayat keluarga dengan DM

Aspek keturunan menjadi salah satu faktor penentu yang signifikan bagi risiko diabetes. Jika terdapat anggota keluarga inti yang menderita penyakit ini, maka risiko yang dihadapi seseorang akan meningkat secara linear. Keterkaitan ini muncul karena adanya instruksi genetik tertentu yang diwariskan, yang secara langsung mengatur bagaimana tubuh memproses dan menyeimbangkan kadar glukosa darah. Penelitian menunjukkan bahwa faktor genetik tersebut

berhubungan dengan alel tertentu pada sistem *human leukocyte antigen* (HLA), yang dapat memengaruhi kerentanan seseorang terhadap diabetes. Dengan demikian, predisposisi genetik menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam upaya pencegahan dini.

## 2) Usia

Usia adalah faktor risiko yang tidak dapat diubah dan terbukti meningkatkan kemungkinan timbulnya diabetes. Seiring bertambahnya usia, sensitivitas sel terhadap insulin cenderung menurun dan fungsi sel beta pankreas dapat mengalami penurunan. Pada negara-negara berkembang, kelompok usia yang paling berisiko terkena diabetes yaitu orang - orang yang berusia di lebih dari 45 tahun. Sementara itu, di negara-negara maju, risiko meningkat secara signifikan pada populasi berusia 65 tahun ke atas. Keadaan ini mengindikasikan bahwa proses penuaan memiliki pengaruh besar terhadap sistem metabolik tubuh, sehingga meningkatkan kecenderungan terjadinya diabetes.

## 3) Lama menderita

Lamanya seseorang mengidap DM berkorelasi kuat dengan potensi timbulnya kerusakan organ tubuh. Semakin panjang periode seseorang hidup dengan DM, maka ancaman komplikasi medis juga akan semakin besar. Berdasarkan data klinis, pasien DM tipe II dengan masa menderita minimal 5 tahun menghadapi risiko komplikasi yang melonjak hingga 5,68 kali dibandingkan mereka yang baru didiagnosis dalam kurun waktu kurang dari 5 tahun. Peningkatan risiko tersebut berkaitan dengan durasi penyakit yang berkepanjangan, yang dapat memperburuk pengendalian glikemik, meningkatkan inflamasi sistemik, menurunkan respons terhadap terapi, serta menyebabkan kerusakan pembuluh darah yang berperan

dalam terjadinya komplikasi kronik. Kerusakan pembuluh darah berupa pembentukan plak aterosklerosis berlangsung lebih cepat pada penderita diabetes yang sudah lama mengidap penyakit tersebut tanpa pengelolaan glukosa darah yang baik. Sejalan dengan riset yang dilakukan oleh Purwandari dkk (2022), pasien dengan masa diagnosis DM  $\geq 5$  tahun memiliki ancaman komplikasi yang jauh lebih besar daripada mereka yang baru menderita DM di bawah 5 tahun. Data statistik bahkan menunjukkan bahwa setiap penambahan satu tahun durasi penyakit akan menaikkan peluang munculnya komplikasi kronis sebesar 2,27 kali (Wahyuni dkk., 2025).

b. Faktor resiko yang dapat kita ubah

1) Obesitas

Penumpukan lemak tubuh yang melampaui batas normal dikenal sebagai obesitas, sebuah kondisi yang muncul ketika jumlah asupan energi tidak sebanding dengan penggunaannya dalam kegiatan sehari-hari. Ketidakseimbangan antara asupan makanan dan pembakaran energi melalui gerak fisik inilah yang menjadi penyebab utama terjadinya penimbunan lemak tersebut. Ketika kalori yang masuk lebih banyak dibandingkan yang dibutuhkan tubuh, lemak akan tersimpan dalam jaringan adiposa sehingga memicu terjadinya obesitas. Kondisi ini sangat berkaitan dengan peningkatan risiko DM tipe II karena tingginya kadar lemak tubuh dapat menyebabkan resistensi insulin. Klasifikasi obesitas dapat ditetapkan berdasarkan parameter Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan nilai  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup> Selain itu, kriteria ini juga didasarkan pada pengukuran lingkar abdomen, di mana batas minimal untuk pria adalah  $\geq 90$  cm dan untuk wanita adalah  $\geq 80$  cm.

Obesitas memiliki hubungan yang kuat dengan perkembangan diabetes, khususnya melalui mekanisme inflamasi dan gangguan metabolisme glukosa.

## 2) Kurang aktivitas fisik

Kurangnya aktivitas fisik merupakan salah satu determinan risiko krusial yang berkontribusi terhadap peningkatan prevalensi DM tipe II. Kurangnya gerak tubuh berdampak pada rendahnya pembakaran kalori, yang akhirnya memicu penumpukan lemak dan meningkatkan resistensi insulin. Pada kelompok masyarakat dengan tingkat penghasilan yang lebih tinggi, kecenderungan untuk memiliki gaya hidup sedentari lebih besar, misalnya karena pekerjaan yang kurang membutuhkan aktivitas fisik. Langkah preventif paling efektif guna menekan risiko DM tipe II adalah melalui pemeliharaan berat badan yang proporsional serta konsistensi dalam beraktivitas fisik. Melakukan olahraga secara rutin dengan durasi minimal 30 menit setiap hari sangat dianjurkan untuk menjamin kestabilan metabolisme tubuh dan efektivitas kerja hormon dalam mengontrol glukosa.

## 3) Hipertensi

Hipertensi memiliki korelasi yang signifikan terhadap manifestasi DM tipe II. Merujuk pada data penelitian, risiko terkena diabetes pada individu dengan riwayat tekanan darah tinggi meningkat hingga 2,6 kali lipat dibandingkan individu normotensi. Secara patofisiologis, tekanan darah yang tidak terkontrol dapat memicu disfungsi vaskular serta memperparah kondisi resistensi insulin, yang berakibat pada penurunan efektivitas penggunaan hormon insulin oleh tubuh. Sinergi negatif antara kedua kondisi ini juga secara drastis memperbesar peluang terjadinya komplikasi kardiovaskular.

#### 4) Dislipidemia

Ketidakseimbangan kadar lemak darah, atau dislipidemia, mencakup kondisi di mana angka kolesterol total, LDL, trigliserida, atau HDL berada di luar batas normal. Masalah lipid ini berkaitan erat dengan risiko DM tipe II karena mampu memicu peradangan (inflamasi) dan menghambat kinerja hormon insulin. Karena jarang menimbulkan keluhan fisik secara langsung, pemeriksaan darah menjadi satu-satunya cara untuk mengidentifikasi kondisi ini. Dislipidemia bisa disebabkan oleh faktor keturunan (primer) atau akibat komplikasi dari penyakit diabetes (sekunder). Dampak buruk lainnya adalah percepatan pembentukan plak pada pembuluh darah (aterogenesis), di mana lipoprotein yang telah mengalami modifikasi kimia akibat gula darah tinggi akan memperparah kondisi resistensi insulin.

#### 5) Kebiasaan merokok

Paparan zat kimia berbahaya dan nikotin dari rokok tidak hanya merusak sistem pernapasan, tetapi juga berkaitan erat dengan munculnya DM tipe II. Zat-zat ini bekerja dengan cara menghambat kemampuan jaringan tubuh dalam merespons insulin. Saat nikotin masuk ke dalam tubuh, terjadi pelepasan hormon stres (katekolamin) yang menyebabkan jantung berdetak lebih cepat, tekanan darah naik, dan gula darah melonjak. Beban kerja sistem metabolisme yang meningkat secara kronis akibat aktivitas merokok ini pada akhirnya memicu timbulnya penyakit diabetes.

## 6) Pengelolaan stres

Stres psikologis dapat menjadi faktor pendorong naiknya gula darah, terutama bagi mereka yang mengidap DM tipe II. Respons alami tubuh terhadap kondisi stres melibatkan pengeluaran hormon kortisol dan adrenalin ke dalam aliran darah. Tujuan utama dari pelepasan hormon tersebut adalah untuk memobilisasi glukosa sebagai sumber energi ekstra bagi tubuh. Namun, pada penderita diabetes, proses ini justru dapat memperburuk kondisi hiperglikemia. Namun, pada penderita diabetes, mekanisme ini dapat menyebabkan lonjakan gula darah yang signifikan dan memperburuk kondisi kesehatan. Oleh karena itu, pengelolaan stres yang baik sangat penting sebagai bagian dari manajemen diabetes.

## 5. Komplikasi yang ditimbulkan DM

Komplikasi yang dapat timbul akibat DM secara umum dikelompokkan menjadi dua kategori besar, yaitu komplikasi akut dan komplikasi kronis. Kedua kelompok ini mencerminkan dampak jangka pendek maupun jangka panjang dari ketidakstabilan kadar glukosa darah pada tubuh (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021).

### a. Komplikasi akut

#### 1) Hipoglikemia

Hipoglikemia merupakan kondisi klinis yang terjadi ketika kadar glukosa darah menurun secara drastis hingga berada di bawah batas fisiologis normal. Situasi ini sering kali dipicu oleh tingginya kadar insulin dalam tubuh, penggunaan obat penurun gula darah yang berlebihan, aktivitas fisik yang tidak seimbang dengan asupan makanan, atau penundaan konsumsi makanan. Secara klinis, hipoglikemia menimbulkan berbagai gejala seperti gangguan penglihatan,

peningkatan denyut jantung, sakit kepala, tremor, keringat dingin, serta rasa lemas dan pusing. Pada kondisi lebih berat, penderita dapat mengalami penurunan kesadaran, kejang, hingga koma, sehingga kondisi ini tergolong sebagai keadaan darurat medis yang membutuhkan penanganan cepat.

## 2) Ketoasidosis Diabetik (KAD)

Sebagai salah satu komplikasi paling serius dari diabetes, KAD muncul saat tubuh benar-benar kekurangan insulin untuk mengolah glukosa darah. Akibatnya, lemak dipecah secara paksa untuk menghasilkan energi, namun proses ini menyisakan produk sampingan berupa keton yang bersifat asam. Penumpukan zat keton inilah yang membuat darah menjadi terlalu asam, memicu dehidrasi parah, dan gangguan pernapasan yang berat. Kondisi ini sering terjadi pada DM tipe I dan merupakan keadaan darurat yang mengancam nyawa, sehingga memerlukan penanganan rumah sakit secara instan untuk mencegah koma.

## 3) Hiperglikemia

Peningkatan kadar gula darah di atas rata-rata dikenal dengan istilah hiperglikemia. Masalah ini bermula ketika glukosa gagal masuk ke dalam sel-sel tubuh akibat jumlah insulin yang tidak mencukupi atau respon tubuh terhadap insulin yang melemah (resistensi). Kegagalan penyerapan ini menyebabkan gula menumpuk di pembuluh darah alih-alih diubah menjadi energi. Tanpa kontrol yang baik, hiperglikemia dapat berlanjut pada kondisi yang lebih parah dan akut, seperti munculnya sindrom hiperglikemik hiperosmolar atau KAD.

b. Komplikasi kronis

1) Gangguan mata (retinopati diabetik)

Retinopati diabetik diidentifikasi sebagai salah satu manifestasi komplikasi mikrovaskular kronis yang prevalensinya sangat tinggi di kalangan penderita Diabetes Mellitus. Kondisi patologis ini dipicu oleh kerusakan pada pembuluh darah kapiler retina akibat paparan hiperglikemia yang berkepanjangan dan tidak terkendali. Kerusakan tersebut dapat menyebabkan perdarahan kecil, pembengkakan retina, penurunan penglihatan, hingga risiko kebutaan. Selain retinopati, penderita DM juga memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk mengalami gangguan mata lainnya, seperti katarak dan glaukoma. Pemeriksaan mata secara rutin dan penanganan dini sangat penting untuk mencegah progresivitas kerusakan.

2) Kerusakan ginjal (nefropati diabetik)

Gangguan pada sistem filtrasi ginjal yang muncul sebagai dampak menahun dari penyakit diabetes dikenal dengan istilah nefropati diabetik. Kerusakan ini terjadi pada pembuluh darah halus yang menyusun ginjal, sehingga organ tersebut kehilangan kemampuannya untuk berfungsi secara normal seiring berjalannya waktu. Jika tidak mendapat intervensi medis yang tepat, nefropati diabetik dapat berkembang menjadi gagal ginjal terminal, yang mengharuskan pasien menjalani dialisis secara rutin atau bahkan transplantasi ginjal. Upaya pencegahan dapat dilakukan melalui kontrol glukosa darah yang optimal, pengelolaan tekanan darah, deteksi dini melalui pemeriksaan protein urin, serta pembatasan asupan protein sesuai anjuran.

### 3) Kerusakan saraf (neuropati diabetik)

Hiperglikemia kronis dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf perifer maupun otonom. Neuropati diabetik biasanya ditandai dengan munculnya gangguan sensorik di bagian tubuh tertentu, terutama pada ekstremitas bawah, seperti rasa kesemutan, mati rasa, atau nyeri. Kerusakan saraf pada saluran cerna dapat memicu gastroparesis, yang menimbulkan gejala berupa mual, muntah, dan rasa cepat kenyang. Pada pria, neuropati dapat menyebabkan gangguan fungsi seksual, termasuk disfungsi ereksi. Pencegahan dan pengendalian gejala neuropati memerlukan pengelolaan glukosa darah yang baik melalui pola makan seimbang, aktivitas fisik rutin, serta kepatuhan terhadap terapi medis.

### 4) Penyakit kardiovaskular

Hiperglikemia yang berlangsung dalam periode yang lama dapat merusak sistem pembuluh darah tubuh, mulai dari pembuluh darah besar hingga kapiler-kapiler kecil. Kerusakan vaskular tersebut pada akhirnya berdampak pada peningkatan probabilitas terjadinya gangguan kesehatan pada jantung dan pembuluh darah (kardiovaskular). Manifestasi komplikasi tersebut meliputi aterosklerosis, penyakit jantung koroner, infark miokard, hingga kejadian stroke. Kerusakan pembuluh darah menyebabkan aliran darah ke jantung dan organ vital lainnya menjadi terganggu, sehingga meningkatkan angka kesakitan dan kematian pada penderita DM. Oleh karena itu, pengendalian faktor risiko seperti gula darah, tekanan darah, kolesterol, serta gaya hidup sangat penting dalam mencegah terjadinya komplikasi kardiovaskular.

## **B. Glukosa Darah**

### **1. Definisi glukosa darah**

Glukosa diidentifikasi sebagai salah satu bentuk karbohidrat paling krusial bagi metabolisme manusia, mengingat perannya sebagai substrat energi primer. Keberadaannya sangat vital guna menunjang kelancaran berbagai fungsi fisiologis maupun aktivitas fisik harian. Karbohidrat yang diperoleh dari makanan akan mengalami proses hidrolisis di saluran pencernaan, sehingga terurai menjadi monosakarida, seperti glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Ketiga bentuk gula sederhana ini kemudian diserap melalui dinding usus dan masuk ke dalam sistem peredaran darah. Setelah berada dalam aliran darah, monosakarida tersebut akan dialirkan ke berbagai sel tubuh yang membutuhkan energi untuk menjalankan fungsinya. Selain itu, sebagian monosakarida akan mengalami proses metabolisme lebih lanjut di hati, di mana glukosa dapat diubah menjadi bentuk molekul lain, baik untuk disimpan maupun digunakan kembali pada saat tubuh memerlukan energi tambahan (Lande, Mewo dan Paruntu, 2015)

Glukosa darah merupakan bentuk gula yang beredar dalam sirkulasi sebagai hasil akhir dari proses metabolisme karbohidrat yang dikonsumsi. Di dalam tubuh, glukosa disimpan dalam bentuk glikogen di hati dan otot rangka, yang sewaktu-waktu dapat diuraikan kembali untuk memenuhi kebutuhan energi. Pankreas mengeluarkan dua hormon kunci, yaitu insulin dan glukagon, untuk menjaga kestabilan kadar gula darah. Cara kerjanya saling bertolak belakang, insulin membantu sel menyerap glukosa sehingga kadarnya di darah menurun, sedangkan glukagon memicu pemecahan cadangan energi tubuh untuk meningkatkan gula darah. Untuk individu sehat, nilai standar gula darah puasa berkisar antara 80 -

130 mg/dL. Selain itu, pemeriksaan dua jam setelah makan atau pemeriksaan sewaktu sebaiknya tetap berada pada angka  $\leq 140$  mg/dL. Tinggi rendahnya glukosa dalam tubuh seseorang merupakan hasil perpaduan antara faktor internal (hormonal) dan faktor eksternal (pola makan) (Rosares dan Boy, 2022).

## **2. Jenis pemeriksaan glukosa darah**

Pemeriksaan glukosa darah dilakukan untuk menentukan apakah kadar glukosa dalam tubuh berada pada batas normal atau tidak. Terdapat beberapa jenis tes yang dapat digunakan untuk memeriksa kadar glukosa darah (Alydrus dan Fauzan, 2022) antara lain sebagai berikut :

### **a. Glukosa darah sewaktu**

Pengukuran kadar glukosa darah yang dilakukan tanpa terikat waktu makan atau tanpa syarat puasa terlebih dahulu disebut sebagai tes glukosa darah sewaktu. Metode ini sangat praktis karena tidak memerlukan persiapan khusus bagi pasien, sehingga data mengenai kondisi glikemik saat itu juga dapat segera diperoleh tanpa menunggu jadwal makan terakhir. Jenis pemeriksaan ini sering digunakan sebagai langkah awal atau tes skrining dalam mendeteksi kemungkinan adanya diabetes mellitus, karena dapat memberikan gambaran langsung mengenai kadar glukosa pada saat pemeriksaan dilakukan. Nilai normal untuk glukosa darah sewaktu adalah kurang dari 140 mg/dL.

### **b. Glukosa darah puasa**

Pemeriksaan glukosa puasa dilakukan setelah pasien menjalani puasa selama 10 – 12 jam, di mana pasien tidak diperbolehkan mengonsumsi makanan atau minuman berkalori. Tes ini bertujuan untuk menilai kondisi keseimbangan glukosa secara keseluruhan atau homeostasis glukosa dalam tubuh, sehingga

sering dijadikan pemeriksaan rutin untuk memantau status metabolik pasien. Nilai rujukan normal untuk glukosa puasa berada pada kisaran 80 – 130 mg/dL. Pemeriksaan ini dianggap lebih stabil karena tidak dipengaruhi oleh asupan makanan yang baru dikonsumsi.

c. Glukosa darah 2 jam post prandial

Penilaian kemampuan tubuh dalam memproses gula setelah makan dapat dilakukan melalui tes glukosa darah 2 jam post prandial. Sampel darah diambil setelah jeda dua jam sejak pasien mengonsumsi makanan atau beban glukosa tertentu. Melalui metode ini, tenaga medis dapat melihat seberapa baik sistem metabolisme individu dalam mengontrol kadar gula darah setelah mendapatkan asupan nutrisi. Nilai normal kadar glukosa darah dua jam postprandial berada pada kisaran 70–139 mg/dL. Apabila setelah dua jam kadar glukosa darah kembali berada dalam rentang normal, hal tersebut menunjukkan bahwa mekanisme regulasi dan eliminasi glukosa dalam tubuh berfungsi dengan baik. Sebaliknya, kadar glukosa darah yang tetap tinggi mengindikasikan adanya gangguan metabolisme glukosa yang dapat mengarah pada kondisi intoleransi glukosa maupun DM.

d. Test Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

TTGO dilakukan apabila hasil pemeriksaan glukosa darah lainnya menunjukkan keraguan atau memerlukan konfirmasi lebih lanjut. Pemeriksaan ini dilakukan dengan memberikan beban karbohidrat dalam bentuk glukosa kepada pasien, kemudian dilakukan pengukuran kadar glukosa darah pada waktu-waktu tertentu setelah konsumsi. Agar hasil pemeriksaan akurat, pasien diharuskan memiliki kondisi gizi yang stabil dan menghentikan sementara penggunaan obat-

obatan yang dapat memengaruhi metabolisme glukosa, seperti obat antikejang atau steroid. Protokol persiapan lainnya mencakup penghentian kebiasaan merokok serta kewajiban berpuasa selama paling sedikit 12 jam. Selama masa puasa ini, pasien tetap diizinkan meminum air mineral, namun dilarang mengonsumsi makanan atau minuman berkalori lainnya. Tes ini sangat berguna dalam mendiagnosis gangguan toleransi glukosa maupun diabetes melitus secara lebih akurat.

### **3. Metode pemeriksaan glukosa darah**

Menurut (Wulandari dkk., 2024) ada beberapa jenis metode pemeriksaan glukosa darah yaitu :

#### **a. Metode kimia atau reduksi**

Metode kimiawi merupakan teknik pemeriksaan glukosa yang memanfaatkan kemampuan glukosa untuk mereduksi indikator tertentu sehingga terjadi perubahan warna. Beberapa metode yang termasuk di dalamnya adalah metode reduktometri dan metode furfural. Pada metode reduktometri dengan pereaksi Folin-Wu, prinsipnya didasarkan pada kemampuan glukosa mereduksi ion tembaga dalam kondisi alkali panas. Protein dalam sampel pertama-tama diendapkan menggunakan asam tungstat, lalu dipisahkan melalui proses sentrifugasi. Filtrat yang mengandung glukosa kemudian bereaksi dengan  $\text{CuSO}_4$  membentuk tembaga oksida, yang selanjutnya mereduksi asam fosfomolibdat sehingga menghasilkan warna biru molibdenum yang dapat diukur secara kolorimetri pada panjang gelombang 430 nm. Namun, metode ini kini jarang dipakai karena penggunaan pereaksinya berisiko bagi tenaga laboratorium, berpotensi merusak alat, serta memiliki prosedur yang panjang dan memerlukan

pemanasan. Selain itu, sebagian besar metode kimiawi sudah ditinggalkan karena tingkat spesifisitasnya yang rendah dalam pemeriksaan.

b. Metode enzimatik

1) Metode *Glucose Oxidase Para Aminoantipirin* (GOD - PAP)

Metode GOD-PAP bekerja berdasarkan reaksi enzimatis di mana enzim glukosa oksidase mengubah glukosa menjadi hidrogen peroksida. Senyawa peroksida tersebut kemudian berinteraksi dengan fenol dan 4-aminoantipirin, menghasilkan senyawa berwarna bernama quinonimin. Melalui alat spektrofotometer, warna yang muncul dianalisis pada panjang gelombang 546 nm. Karena kepekatan warna yang dihasilkan sebanding dengan jumlah glukosa dalam darah, metode ini menjadi standar yang akurat untuk mengukur kadar glikemik pasien.

Metode GOD-PAP memiliki beberapa keunggulan, di antaranya tingkat akurasi yang tinggi, spesifisitas yang baik, serta waktu pemeriksaan yang relatif singkat. Selain itu, metode ini lebih stabil terhadap berbagai faktor interferensi, seperti variasi kadar hematokrit, volume sampel, keberadaan vitamin C, suhu, maupun kadar lipid. Oleh karena kelebihan tersebut, metode GOD-PAP banyak diterapkan di berbagai laboratorium klinik. Meskipun demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan, antara lain memerlukan volume sampel yang relatif lebih besar, penggunaan reagen khusus, kebutuhan akan peralatan spektrofotometer, serta biaya pemeriksaan yang lebih tinggi.

## 2) Metode heksokinase

Metode ini digunakan untuk pemeriksaan glukosa. Metode heksokinase direkomendasikan oleh WHO dan IFCC. Metode heksokinase merupakan teknik pemeriksaan glukosa yang menggunakan enzim heksokinase sebagai katalis untuk mengonversi glukosa menjadi glukosa-6-fosfat dengan bantuan ADP. Reaksi berikutnya melibatkan enzim glukosa-6-fosfat dehidrogenase (G-6-PDH), yang mengoksidasi glukosa-6-fosfat menjadi glukonat-6-fosfat sekaligus mengubah NADH menjadi NADPH. Jumlah NADPH yang terbentuk bersifat proporsional dengan kadar glukosa dalam sampel, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengukuran. Metode heksokinase dikenal memiliki tingkat akurasi tinggi karena spesifik terhadap reaksi enzimatik G-6-PDH serta menghasilkan interferensi yang lebih minimal dibandingkan metode glukosa oksidase (GOD - PAP). Keuntungan dari metode ini adalah kurang rentan terhadap kesalahan manusia. Metode ini memiliki waktu inkubasi yang relatif lebih singkat serta penggunaan reagen yang lebih efisien apabila dibandingkan dengan metode GOD-PAP. Saat ini, pemeriksaan glukosa darah lebih banyak dilakukan menggunakan metode enzimatik dibandingkan metode reduksi, karena metode enzimatik mampu meminimalkan terjadinya hasil positif palsu maupun negatif palsu sehingga memberikan hasil yang lebih akurat.

## 3) Metode *Point Of Care Testing* (POCT)

POCT merupakan metode pemeriksaan glukosa darah yang menggunakan enzim glucose dehydrogenase pada strip uji dengan memanfaatkan teknik deteksi elektrokimia. Pada prosesnya, enzim ini mengubah glukosa dalam darah kapiler menjadi glukolakton dan menghasilkan arus listrik. Arus tersebut kemudian

diubah oleh detektor menjadi sinyal listrik yang merepresentasikan kadar glukosa dalam sampel. Penggunaan glukometer dimulai dengan menyalakan alat, melakukan kalibrasi, memasukkan strip uji, kemudian meneteskan darah pada strip hingga terserap otomatis. Hasil pengukuran biasanya muncul dalam waktu sekitar 10 detik.

Metode POCT memiliki beberapa kelebihan, di antaranya tidak memerlukan penambahan reagen dan mampu memberikan hasil pemeriksaan dalam waktu singkat, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya. Meskipun demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan, seperti tingkat akurasi yang belum sepenuhnya konsisten serta hasil pemeriksaan yang dapat dipengaruhi oleh variasi nilai hematokrit. Untuk memastikan ketepatan hasil, alat glukometer perlu dikalibrasi dengan baik, prosedur pemeriksaan harus mengikuti standar yang berlaku, dan kualitas hasil perlu dievaluasi secara berkala dengan membandingkannya terhadap metode rujukan.

## **C. Urine**

### **1. Definisi pemeriksaan urine**

Urine merupakan cairan sisa hasil metabolisme yang dihasilkan oleh ginjal dan dikeluarkan dari tubuh melalui proses urinasi. Ginjal memproduksi urine guna membuang zat sisa metabolisme yang tidak lagi dibutuhkan oleh tubuh dan menjaga keseimbangan kadar air serta garam. Setelah terbentuk di ginjal, urine mengalir melewati saluran ureter dan ditampung sementara di kandung kemih sebelum dikeluarkan melalui uretra. Terdapat tiga proses krusial dalam pembentukan urine tersebut, yang meliputi proses penyaringan di glomerulus

(filtrasi), penyerapan kembali zat berguna (reabsorpsi), serta penambahan zat sisa yang akan dibuang (augmentasi) (Sari dkk., 2023).

Pemeriksaan urine merupakan salah satu pemeriksaan penyaring yang bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan gangguan kesehatan, baik yang berasal dari sistem urinarius maupun organ lain di luar saluran kemih. Melalui urinalisis, kondisi seperti gangguan fungsi ginjal, kelainan pada saluran empedu, pankreas, serta hati dapat terdeteksi lebih awal. Selain itu, pemeriksaan ini juga berperan dalam mengidentifikasi adanya Infeksi Saluran Kemih (ISK), mendeteksi kelainan yang terjadi di luar ginjal, memeriksa keberadaan metabolit obat seperti narkotika, serta membantu dalam diagnosis kehamilan (Mus, Abbas dan Agustina, 2022).

## **2. Jenis spesimen urine**

Pada pemeriksaan urine, tersedia berbagai macam urine yang dipakai untuk pemeriksaan berdasarkan dengan tujuan pemeriksaan yaitu (Gandasoebrata, 2016):

### **a. Urin sewaktu**

Pengumpulan urine yang dapat dilakukan kapan saja tanpa persiapan khusus, seperti puasa, dikenal sebagai sampel urine sewaktu. Karena kemudahannya dalam prosedur pengambilan, jenis sampel ini sering menjadi pilihan utama dalam pemeriksaan kesehatan dasar dan skrining laboratorium rutin untuk mengevaluasi fungsi tubuh secara cepat.

b. Urin pagi

Urin yang dikeluarkan pertama kali di pagi hari ketika seseorang baru saja bangun tidur disebut dengan urine pagi. Jenis sampel ini memiliki konsentrasi zat sisa yang tinggi karena telah tertampung di dalam kandung kemih selama periode istirahat malam hari. Karena memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan urine yang dihasilkan pada waktu lain, sampel ini sangat sesuai digunakan untuk pemeriksaan sedimen, penentuan berat jenis, protein, serta pemeriksaan lainnya, seperti uji kehamilan yang bertujuan mendeteksi hormone HCG.

c. Urin postprandial

Urin postprandial merupakan urine pertama yang dikeluarkan sekitar 1,5–3 jam setelah konsumsi makanan. Sampel ini dianggap paling sesuai untuk pemeriksaan glukosuria. Sebaliknya, penggunaan urin pagi sebagai sampel skrining untuk mendeteksi glukosuria kurang dianjurkan karena hasil pemeriksaannya dinilai kurang representatif.

d. Urin 24 jam

Pengumpulan urine 24 jam dilakukan untuk keperluan pemeriksaan kuantitatif terhadap zat tertentu dalam urine, karena sampel urine sewaktu dinilai kurang mampu memberikan gambaran metabolisme tubuh secara akurat. Proses pengumpulan dilakukan selama 24 jam penuh menggunakan wadah berukuran besar yang dapat ditutup rapat dan umumnya telah diberi bahan pengawet. Prosedur pengumpulan diawali dengan membuang urine pertama pada pagi hari, misalnya pukul 07.00, kemudian seluruh urine berikutnya ditampung hingga urine yang dikeluarkan pada pukul 07.00 keesokan harinya.

### **3. Parameter pemeriksaan urine**

Pemeriksaan urine dengan metode dipstik dilakukan menggunakan reagen strip, yaitu alat diagnostik yang mengandung berbagai area reagen untuk mengidentifikasi sejumlah parameter kimia dalam urine. Parameter yang umumnya tertera pada reagen strip meliputi pH, protein, glukosa, bilirubin, urobilinogen, berat jenis, darah, keton, nitrit, dan leukosit (Gandasoebrata, 2016). Setiap parameter memberikan informasi penting mengenai kondisi fisiologis maupun patologis tubuh. Penjelasan masing-masing parameter adalah sebagai berikut:

#### **a. pH**

pH urine menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan urine yang dihasilkan oleh ginjal. Nilai pH normal berkisar antara 4,6 hingga 8,0 dengan rerata yaitu 6,0, namun angka ini dapat berubah tergantung pada pola makan, hidrasi, aktivitas fisik, serta kondisi kesehatan tertentu. Nilai pH urine yang terlalu asam atau terlalu basa dapat menjadi indikator adanya gangguan metabolik atau infeksi pada saluran kemih.

#### **b. Protein**

Protein urine merupakan parameter yang menggambarkan ada tidaknya protein dalam urine. Dalam kondisi normal, protein tidak ditemukan dalam jumlah bermakna karena ginjal mampu mencegah molekul protein keluar melalui filtrasi glomerulus. Proteinuria terjadi ketika terdapat peningkatan ekskresi protein dalam urine, yang dapat mengindikasikan adanya gangguan pada ginjal, seperti kerusakan glomerulus atau stres fisiologis tertentu.

c. Glukosa

Glukosa urine menunjukkan keberadaan glukosa yang seharusnya tidak terdeteksi pada individu sehat. Ginjal berfungsi menyerap kembali seluruh glukosa yang tersaring di glomerulus. Namun, ketika kadar glukosa darah melebihi ambang batas reabsorpsi ginjal, seperti pada penderita diabetes melitus, sebagian glukosa tidak dapat diserap kembali dan akhirnya muncul dalam urine, suatu kondisi yang dikenal sebagai glukosuria.

d. Bilirubin

Bilirubin urine atau bilirubinuria menggambarkan adanya bilirubin yang seharusnya tidak terdapat dalam urine. Bilirubin merupakan pigmen hasil pemecahan sel darah merah yang biasanya diproses oleh hati dan dibuang melalui saluran empedu ke dalam feses. Bila terdapat bilirubin dalam urine, hal ini dapat menandakan adanya kelainan fungsi hati atau obstruksi saluran empedu.

e. Urobilinogen

Urobilinogen adalah produk hasil reduksi bilirubin oleh bakteri dalam usus. Sebagian urobilinogen akan diserap kembali ke dalam peredaran darah dan sedikit diekskresikan melalui urine. Peningkatan kadar urobilinogen dalam urine dapat mengindikasikan gangguan hati atau peningkatan pemecahan sel darah merah, sedangkan penurunan kadar dapat terjadi pada obstruksi saluran empedu.

f. Berat jenis

Berat jenis urine mengacu pada tingkat konsentrasi zat terlarut dibandingkan dengan air murni. Nilai ini menggambarkan kemampuan ginjal dalam memekatkan atau mengencerkan urine sesuai kebutuhan tubuh. Rentang normal berat jenis urine adalah 1,005 hingga 1,030. Nilai yang lebih tinggi biasanya

menunjukkan dehidrasi atau peningkatan zat terlarut, sedangkan nilai rendah dapat menandakan gangguan kemampuan konsentrasi ginjal.

g. Darah

Darah dalam urine atau hematuria menunjukkan adanya sel darah merah yang muncul dalam urine. Hematuria dapat bersifat makroskopik, yaitu terlihat secara kasat mata sebagai perubahan warna urine, atau mikroskopik yang hanya dapat terdeteksi melalui pemeriksaan laboratorium. Hematuria dapat terjadi akibat infeksi, batu saluran kemih, trauma, atau gangguan ginjal.

h. Keton

Ketonuria menggambarkan keberadaan badan keton dalam urine. Keton terbentuk ketika tubuh memecah lemak sebagai sumber energi akibat kekurangan glukosa, misalnya pada kondisi puasa berkepanjangan, diet rendah karbohidrat, atau diabetes melitus yang tidak terkontrol. Keton dalam jumlah tinggi dapat menjadi indikasi awal ketoasidosis diabetik.

i. Nitrit

Parameter nitrit dalam uji urine digunakan untuk mendeteksi bakteri yang dapat mengubah nitrat menjadi nitrit melalui proses reduksi. Jika hasil tes menunjukkan nilai positif, terdapat kecenderungan kuat bahwa pasien mengalami infeksi saluran kemih (ISK) akibat paparan bakteri Gram negatif. Hal inilah yang mendasari penggunaan nitrit sebagai penanda utama dalam mengidentifikasi gejala awal ISK secara cepat melalui analisis urine rutin.

j. Leukosit

Leukosit dalam urine atau leukosituria menunjukkan adanya peningkatan sel darah putih dalam urine. Leukosit berperan dalam pertahanan tubuh melawan

infeksi. Peningkatan jumlah leukosit dalam urine sering kali terkait dengan infeksi atau peradangan pada saluran kemih. Temuan ini biasanya dikombinasikan dengan hasil nitrit untuk memperkuat diagnosis ISK.

#### **D. Proteinuria**

##### **1. Definisi proteinuria**

Proteinuria merupakan kondisi ketika urine mengandung protein dalam jumlah yang melebihi kadar normal. Keberadaan protein dalam urine umumnya menandakan adanya gangguan pada fungsi ginjal, khususnya pada proses filtrasi dan pembentukan urine. Berbagai faktor dapat memengaruhi munculnya kondisi kesehatan tersebut, antara lain aktivitas fisik, lingkungan, olahraga, serta stres. Proteinuria dapat berkaitan dengan beberapa penyakit, seperti hipertensi, hiperkolesterolemia, serta gangguan ginjal. Selain itu, diabetes mellitus yang merupakan penyakit metabolik dan tergolong penyakit tidak menular juga dapat menimbulkan risiko terjadinya proteinuria (Sari dkk., 2023).

Proteinuria merupakan kondisi ketika protein ditemukan dalam urine, di mana pada keadaan normal konsentrasinya sangat rendah. Pada individu sehat, jumlah protein yang diekskresikan melalui urine umumnya kurang dari 100 mg/24 jam, dan sekitar dua pertiga dari jumlah tersebut berasal dari tubulus ginjal. Jika kadar protein urine melebihi 150 mg/24 jam, kondisi tersebut sudah dianggap abnormal atau patologis. Proteinuria dapat terjadi akibat kerusakan pada membran kapiler glomerulus, gangguan pada mekanisme reabsorpsi di tubulus ginjal, atau kombinasi dari kedua proses tersebut (Maghfira, 2020)

## **2. Metode pemeriksaan proteinuria**

Berdasarkan (Gandasoebrata, 2016) pemeriksaan proteinuria dapat dilakukan secara manual melalui metode semi kuantitatif maupun kuantitatif. Pemeriksaan kuantitatif umumnya dilakukan dengan pengumpulan urine selama 24 jam, sedangkan metode semi kuantitatif dapat menggunakan carik celup (dipstick), uji asam sulfosalisilat 20%, dan uji asam asetat 6%. Selain itu, analisis proteinuria juga dapat dilakukan menggunakan alat urine chemistry analyzer untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan terstandar.

### **a. Metode carik celup**

Carik celup yang digunakan untuk mendeteksi proteinuria bekerja berdasarkan prinsip “kesalahan penetapan pH akibat keberadaan protein”. Pada kondisi tertentu, indikator kimia pada strip menunjukkan perubahan warna yang berbeda antara urine yang tidak mengandung protein dan urine yang mengandung protein pada pH tertentu. Tingkat perubahan warna tersebut sebanding dengan konsentrasi protein dalam sampel, sehingga dapat digunakan sebagai metode penilaian semikuantitatif terhadap proteinuria. Umumnya, indikator yang digunakan pada carik celup adalah tetrabromphenol blue. Zat ini memberikan warna kuning pada pH sekitar 3, kemudian berubah menjadi hijau hingga hijau kebiruan sesuai dengan peningkatan konsentrasi protein dalam urine.

Cara kerja :

- 1) Urine harus homogen sebelum diuji, campur sampel dengan baik hingga sedimen terdistribusi merata.
- 2) Celupkan carik ke dalam urine hanya sesaat.

- 3) Buang kelebihan urine pada carik dengan menyentuh pinggir carik ke dinding wadah urine.
- 4) Hindari menyentuh area carik yang mengandung reagen.
- 5) Ambil hanya carik yang akan digunakan segera, dan pastikan wadah carik celup selalu tertutup rapat.
- 6) Jangan menempatkan wadah carik celup di bawah paparan langsung sinar matahari.

b. Metode asam sulfosalisilat 20%

Metode asam sulfosalisilat 20% dikenal unggul dalam mendeteksi keberadaan protein meski dalam jumlah yang sangat kecil, yakni hingga kadar 0,002%. Akurasi ini memberikan keyakinan bahwa jika tes menunjukkan hasil negatif, maka urine benar-benar bebas dari protein. Namun, praktisi laboratorium perlu mempertimbangkan aspek efisiensi, mengingat metode ini memerlukan waktu proses yang lebih panjang dan biaya operasional yang tidak sedikit untuk penyediaan reagensinya.

Cara kerja :

- 1) Langkah awal pengujian adalah mengisi dua tabung reaksi dengan masing-masing 4 mL urine.
- 2) Sebanyak 8 tetes larutan asam sulfosalisilat 20% dicampurkan ke dalam tabung uji.
- 3) Hasilnya dibandingkan dengan tabung kontrol yang tidak diberi reagen.
- 4) Panaskan tabung pertama hingga mencapai titik didih, kemudian biarkan hingga dingin kembali.

- 5) Apabila kekeruhan tetap terlihat baik setelah proses pemanasan maupun pendinginan, maka hasil tersebut menunjukkan adanya protein dalam urine, yang dapat berupa albumin, globulin, atau kombinasi keduanya.
- 6) Namun, jika kekeruhan menghilang saat dipanaskan dan muncul kembali setelah didinginkan, kondisi tersebut mengindikasikan kemungkinan adanya protein Bence Jones, sehingga diperlukan pemeriksaan lanjutan untuk konfirmasi.

c. Metode asam asetat 6%

Prinsip pemeriksaan proteinuria menggunakan asam asetat didasarkan pada kemampuan asam untuk menyebabkan protein dalam urine membentuk kekeruhan atau gumpalan. Hal ini terjadi karena protein mendekati titik isoelektriknya, terlebih ketika proses tersebut dibantu dengan pemanasan, sehingga terbentuk kekeruhan, butiran, atau endapan yang mencerminkan kadar protein dalam urine. Pemeriksaan menggunakan asam asetat 6% memiliki kelebihan berupa tingkat sensitivitas yang cukup tinggi, mampu mendeteksi protein hingga konsentrasi terendah sekitar 0,004%. Namun demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan. Pemeriksaan kurang sesuai untuk sampel urine yang terlalu encer dan lebih sensitif terhadap jenis protein tertentu, seperti albumin, pepton, serta protein Bence Jones.

Cara kerja :

- 1) Tuang 5 mL urin pada tabung retriive
- 2) Selama lima menit, panaskan pada bak air mendidih
- 3) Keluarkan isinya serta periksa
- 4) Tambahkan 4 tetes asam asetat 6% jika ada gumpalan

- 5) Hangatkan campuran lagi
  - 6) Analisis hasilnya
  - 7) Asam asetat 6% digunakan untuk memecah gumpalan yang tidak berbasis protein
- d. Pemeriksaan urine otomatis

Pemeriksaan urine otomatis dilakukan menggunakan *urine chemistry analyzer* yang dapat mengukur berbagai parameter, seperti berat jenis, pH, leukosit, nitrit, protein, glukosa, keton, urobilinogen, bilirubin, serta eritrosit. Pada alat ini, strip uji urine disinari oleh lampu LED dengan panjang gelombang yang telah ditentukan. Selanjutnya, perangkat akan mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan dari setiap area reagen pada strip menggunakan prinsip *reflectance photometry*. Hasil pantulan cahaya tersebut kemudian diolah untuk menentukan kadar masing-masing parameter dalam urine.

Tabel 1  
Nilai Konsentrasi Proteinuria

| Proteinuria | Konsentrasi Protein Urine | Konsentrasi Bentuk Urine                     |
|-------------|---------------------------|----------------------------------------------|
| Negatif     | 15 - 30 mg/dL             | Urine tetap jernih                           |
| +1          | 30 - 100 mg/dL            | Tampak kekeruhan                             |
| +2          | 100 - 300 mg/dL           | Terlihat kekeruhan dengan butir-butir halus  |
| +3          | 300 - 2000 mg/dL          | Terdapat gumpalan-gumpalan                   |
| +4          | > 2000 mg/dL              | Terdapat gumpalan-gumpalan besar dan membeku |

Sumber (Chandra dkk., 2020)

### **E. Hubungan Glukosa Darah dengan Proteinuria Pada Penderita DM**

Berdasarkan penelitian Suzana, Nisma dan Syafilla (2022) terdeteksinya sejumlah kecil protein atau albumin dalam urine dikenal dengan istilah mikroalbuminuria ini menjadi peringatan dini bahwa mekanisme penyaringan di dalam ginjal tidak lagi berfungsi secara optimal. Dalam kondisi normal, hasil metabolisme tubuh tidak menyebabkan protein muncul dalam urine. Hal ini disebabkan proses fisiologis pada glomerulus dan tubulus ginjal berfungsi optimal sehingga protein tetap dipertahankan di dalam aliran darah.

Pada penderita DM, protein dapat ditemukan dalam urine akibat terjadinya kerusakan pada ginjal. Kadar glukosa darah yang terus meningkat menyebabkan ginjal bekerja lebih berat sehingga dalam jangka panjang glomerulus mengalami kerusakan. Kerusakan glomerulus mengganggu proses filtrasi darah sehingga protein yang seharusnya dipertahankan justru lolos dan terdeteksi dalam urine.

Hidayati, Abdulla, dan Budiman (2023) melaporkan parameter glukosa darah puasa menjadi indikator penting dalam menilai hubungan antara disregulasi glukosa dan gagal ginjal kronis. Data penelitian membuktikan bahwa pasien yang gagal menjaga stabilitas gula darah puasanya cenderung mengalami proteinuria, dengan tingkat signifikansi yang kuat menurut hasil analisis statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa tidak semua penderita DM mengalami proteinuria. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan karakteristik pasien, di mana proteinuria lebih sering dijumpai pada penderita DM tipe II dengan durasi penyakit yang lebih lama serta kadar glukosa darah puasa yang tidak terkontrol. Hal ini sejalan dengan teori dan sejumlah hasil penelitian yang menyebutkan bahwa pengendalian glukosa darah yang buruk, serta penggunaan obat golongan

*angiotensin converting enzyme inhibitor* (ACE inhibitor) dan *angiotensin receptor blocker* (ARB) yang memiliki efek protektif terhadap ginjal, merupakan faktor-faktor yang berperan dalam terjadinya proteinuria pada pasien DM tipe II.

Proteinuria yang ditemukan pada pemeriksaan urine rutin dapat menjadi kondisi tanpa gejala atau merupakan tanda awal adanya penyakit ginjal. Gagal ginjal jarang terjadi tanpa disertai proteinuria, meskipun sebagian besar kasus proteinuria bersifat sementara dan tidak progresif. Jumlah protein yang diekskresikan dalam urine sangat bervariasi dan mencerminkan tingkat kerusakan ginjal. Dalam keadaan fisiologis, meskipun sejumlah besar protein plasma melewati nefron setiap hari, hanya sebagian kecil yang akhirnya diekskresikan melalui urine. Hal ini disebabkan oleh berfungsinya dua mekanisme utama, yaitu filtrasi glomerulus dan reabsorpsi protein oleh tubulus.

Pada penderita diabetes melitus, kadar glukosa darah dapat mencapai nilai yang jauh di atas normal ( $< 130$  mg/dL). Kondisi tersebut memaksa ginjal bekerja lebih keras untuk menyaring darah. Jika berlangsung lama, proses ini akan merusak ginjal sehingga protein dalam darah yang seharusnya tidak lolos filtrasi menjadi keluar bersama urine. Oleh sebab itu, analisis protein urine dapat digunakan sebagai indikator adanya kerusakan ginjal akibat diabetes melitus. Semakin banyak protein yang ditemukan dalam urine, semakin berat tingkat kerusakan ginjal, dan pada tahap lanjut dapat menyebabkan ginjal kehilangan fungsinya sehingga pasien memerlukan terapi pengganti ginjal seperti hemodialisis.