

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Diabetes Mellitus

1. Pengertian diabetes melitus

Diabetes melitus (DM) merupakan suatu kondisi ketika tubuh tidak mampu memproduksi hormon insulin sesuai kebutuhan atau tidak dapat memanfaatkan insulin secara optimal, sehingga menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah di atas batas normal. Penyakit ini ditandai oleh hiperglikemia kronis yang disertai gangguan metabolik jangka panjang akibat kelainan hormonal, serta dapat menimbulkan berbagai komplikasi pada organ tubuh seperti mata, ginjal, saraf, dan pembuluh darah.. (Indriyani dkk., 2023).

2. Epidemiologi diabetes melitus

Organisasi Kesehatan Dunia (*World Health Organization*) memperkirakan bahwa jumlah penderita diabetes melitus (DM) di Indonesia akan mengalami peningkatan signifikan, dari 8,4 juta kasus pada tahun 2000 menjadi sekitar 21,3 juta kasus pada tahun 2030. Sementara itu, *International Diabetes Federation* juga memprediksi kenaikan jumlah penderita DM di Indonesia, dari 9,1 juta kasus pada tahun 2014 menjadi 14,1 juta kasus pada tahun 2035 (Siamashvili dkk., 2021).

Meningkatnya jumlah penderita diabetes melitus (DM) di negara-negara berkembang menjadi perhatian serius karena berkaitan dengan meningkatnya tingkat kemakmuran. Kenaikan pendapatan per kapita dan perubahan gaya hidup, terutama di wilayah perkotaan, berkontribusi terhadap meningkatnya kasus penyakit degeneratif seperti DM. Diabetes melitus merupakan salah satu masalah

kesehatan yang dapat menurunkan produktivitas dan berdampak pada penurunan kualitas sumber daya manusia (Fatmona dkk., 2023).

3. Patofisiologi diabetes melitus

Menurut (Sagita dkk., 2021). Patofisiologi diabetes melitus terbagi menjadi dua tipe utama, yaitu diabetes melitus tipe 1 dan tipe 2. Kedua jenis tersebut sama-sama ditandai oleh peningkatan kadar glukosa darah, tetapi memiliki mekanisme yang berbeda. Pada diabetes melitus tipe 1, terjadi kerusakan pada sel β pankreas yang menyebabkan produksi insulin menjadi terganggu. Kondisi ini biasanya dipicu oleh proses autoimun, di mana peradangan memicu terbentuknya antibodi terhadap sel β pankreas yang dikenal sebagai *Islet Cell Antibody* (ICA). Interaksi antara antigen (sel β) dan antibodi ICA menyebabkan sel β pankreas rusak atau hancur. Sedangkan pada diabetes melitus tipe 2, masalah utama terletak pada gangguan atau kerusakan reseptor insulin. Insulin yang diproduksi sel β pankreas sebenarnya normal, bahkan bisa meningkat, tetapi karena reseptornya resisten, Glukosa menjadi sulit masuk ke dalam sel sehingga tetap berada di aliran darah dan mengakibatkan peningkatan kadar gula darah.

Faktor yang memengaruhi munculnya diabetes melitus terbagi menjadi faktor yang bisa diubah maupun yang tidak bisa diubah. Faktor yang berkaitan dengan gaya hidup seperti kebiasaan merokok, konsumsi alkohol, kurang aktivitas fisik, serta pola makan yang tidak sehat dapat meningkatkan risiko diabetes. Sementara itu, faktor jenis kelamin, keturunan, dan usia termasuk faktor yang tidak dapat diubah yang juga berperan dalam meningkatkan kerentanan terhadap penyakit ini (Fauziyyah dkk., 2024).

4. Klasifikasi diabetes melitus

Menurut Hans Tandra (2020), diabetes diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori umum, yaitu sebagai berikut:

a. Diabetes melitus tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 merupakan kondisi ketika pankreas tidak dapat menghasilkan insulin dalam jumlah yang memadai atau bahkan tidak memproduksi insulin sama sekali. Akibatnya, glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel sehingga menumpuk di dalam aliran darah. Kondisi ini umumnya terjadi pada anak-anak hingga remaja, baik laki-laki maupun perempuan. Gejala penyakit biasanya muncul dengan cepat dan apabila tidak segera mendapatkan terapi insulin, kondisi tersebut dapat berkembang menjadi lebih serius bahkan menyebabkan koma (Hartono dkk., 2024).

b. Diabetes melitus tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 adalah jenis diabetes yang paling banyak terjadi dengan persentase sekitar 90–95% dari keseluruhan kasus. Penyakit ini umumnya dialami oleh individu berusia lebih dari 40 tahun, namun tidak menutup kemungkinan terjadi pada anak-anak dan remaja. Pada diabetes tipe 2, pankreas masih memproduksi insulin, tetapi insulin yang dihasilkan tidak dapat bekerja secara efektif sehingga kadar glukosa dalam darah meningkat. Penanganan pada kondisi ini biasanya dilakukan dengan pemberian obat oral atau tablet untuk membantu meningkatkan kerja insulin, menurunkan kadar gula darah, dan mendukung proses metabolisme glukosa di hati, sehingga penderita umumnya tidak memerlukan suntikan insulin (Hartono dkk., 2024).

c. Diabetes gestasional

Diabetes gestasional merupakan gangguan toleransi glukosa yang pertama kali ditemukan pada wanita hamil, komplikasi kehamilan yang umum. Berkaitan erat dengan komplikasi selama kehamilan seperti meningkatnya seksio sesarea, meningkatnya risiko ketonemia, preeklampsia dan infeksi traktus urinaria, serta meningkatnya gangguan perinatal (makrosomia, hipoglikemia neonatus, dan ikterus neonatorum) (Adli, 2021).

d. Diabetes tipe lain

Diabetes melitus tipe lain adalah jenis diabetes yang terjadi akibat berbagai faktor, seperti kelainan genetik yang memengaruhi fungsi sel beta pankreas atau kerja insulin, gangguan pada pankreas eksokrin, penyakit endokrin, penggunaan obat maupun zat kimia tertentu, infeksi, gangguan sistem imun, serta sindrom genetik yang berkaitan dengan diabetes. Kondisi ini juga dapat muncul sebagai dampak dari penyakit lain sehingga sering dikenal sebagai diabetes sekunder (Rabbani dkk., 2024).

5. Etiologi diabetes melitus

Penyebab atau etiologi Diabetes Melitus (DM) dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah faktor genetik atau keturunan. Lebih dari 50% penderita DM pada usia dewasa memiliki riwayat keluarga dengan penyakit yang sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa DM bersifat diturunkan (herediter), bukan ditularkan. Selain faktor genetik, pola nutrisi juga berperan penting. Asupan makanan berlebih atau *overnutrition* menjadi faktor risiko utama terjadinya DM. Semakin lama seseorang mengalami kelebihan berat badan atau obesitas akibat konsumsi energi yang berlebihan, maka semakin tinggi pula kemungkinan munculnya DM. Faktor lain yang dapat memicu timbulnya penyakit ini adalah stres

berkepanjangan dan kebiasaan merokok, karena keduanya dapat memengaruhi metabolisme glukosa dan sensitivitas tubuh terhadap insulin (Prapti & Tim Lentera, 2003, dalam Simatupang dkk., 2023).

6. Gejala diabetes melitus

Gejala yang umum dialami penderita diabetes melitus antara lain sering buang air kecil (*poliuri*), rasa haus berlebihan (*polidipsi*), mudah lapar (*polifagi*), serta penurunan berat badan yang tidak terkait dengan program diet. *Poliuria* biasanya lebih jelas pada malam hari (*poliuria*) akibat kadar glukosa darah yang tinggi melebihi ambang ginjal (>180 mg/dL). Pada kondisi normal, volume urin per hari berkisar 800–2.000 mL, sedangkan pada penderita DM dapat meningkat hingga lima kali lipat. Hal ini terjadi karena ginjal tidak sanggup menyerap kembali glukosa yang telah tersaring, sehingga ikut terbuang bersama urin. Kondisi ini dikenal dengan istilah *diuresis osmotik*, yaitu peningkatan volume urin akibat zat terlarut tambahan yang diekskresikan ginjal. Untuk mencegah dehidrasi, tubuh merespons dengan memunculkan rasa haus, sehingga penderita DM kerap mengalami *poliuri* yang disertai *polidipsi*. (Ismail dkk., 2021).

7. Komplikasi diabetes melitus

Menurut (Laksono dkk., 2022) Diabetes dapat menyebabkan gangguan pada berbagai sistem organ tubuh dalam jangka panjang yang dikenal sebagai komplikasi. Komplikasi tersebut dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu komplikasi mikrovaskular dan makrovaskular.

- a. Komplikasi mikrovaskular meliputi kerusakan saraf (*neuropati*), kerusakan ginjal (*nefropati*), dan kerusakan mata (*retinopati*).

- b. Komplikasi makrovaskular mencakup penyakit jantung, stroke, serta gangguan pada pembuluh darah perifer. Masalah pada pembuluh darah perifer dapat mengakibatkan luka sulit sembuh, gangren, bahkan amputasi.

Selain itu, komplikasi lain yang mungkin terjadi antara lain kerusakan gigi, menurunnya daya tahan tubuh terhadap infeksi seperti influenza dan pneumonia, makrosomia serta komplikasi saat proses persalinan. Secara umum, komplikasi diabetes dianggap serius karena sering berkaitan dengan munculnya penyakit kronis berbahaya lainnya, seperti penyakit jantung, hipertensi, stroke, kebutaan akibat retinopati, glaukoma, katarak, gagal ginjal, disfungsi ereksi pada pria, hingga kecacatan akibat luka kronis yang sulit disembuhkan.

B. Urine

1. Pengertian urine

Urine adalah cairan sisa metabolisme yang diproduksi ginjal dan dikeluarkan tubuh melalui proses urinasi. Proses ini berfungsi membuang zat-zat sisa hasil penyaringan darah sekaligus menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh (Sari dkk., 2022). Urine normal yang baru keluar umumnya tampak jernih hingga agak keruh dengan warna kuning akibat pigmen urokrom dan urobilin. Tingkat kekuningan bergantung pada konsentrasi urine; bila encer hampir tak berwarna, sedangkan bila pekat tampak kuning tua hingga cokelat sawo matang (Putri dkk., 2023).

Urine sebagian besar tersusun atas air serta mengandung sisa metabolisme seperti urea, garam, amonia, kreatinin, dan komponen lainnya. Zat-zat ini dibuang melalui proses penyaringan bertahap oleh ginjal. Urine normal umumnya berwarna jernih dan transparan, sedangkan urine dengan karakteristik kuning jernih hingga

oranye keruh biasanya dipengaruhi oleh pigmen dari cairan empedu (Yudhistira dkk., 2021).

2. Macam-macam sampel urine

a. Urine sewaktu

Urine sewaktu yaitu urine yang keluar pada satu waktu yang tidak tentu. Urine ini biasanya diambil saat pemeriksaan rutin (Wahida, 2023).

b. Urine pagi

Urine pagi adalah urine yang dikeluarkan setelah bangun tidur sebelum melakukan aktivitas, makan, maupun minum. Spesimen urine ini menggambarkan kondisi tubuh setelah periode tanpa asupan cairan dalam waktu yang cukup lama sehingga komponen yang terkandung di dalamnya menjadi lebih pekat. Oleh karena itu, urine pagi sering digunakan untuk pemeriksaan sedimen, pemeriksaan urine rutin, serta tes kehamilan (Anwar dkk., 2021).

c. Urine puasa

Urine puasa yaitu urin yang pertama kali ditampung setelah puasa dalam jangka waktu tertentu.

d. Urine 24 jam

Urine 24 jam adalah urine yang dikumpulkan selama periode 24 jam penuh. Sampel ini ditampung dalam botol berkapasitas sekitar 1,5 liter atau lebih yang dapat ditutup rapat. Pada hari pertama, urine pertama yang dikeluarkan setelah bangun pagi, misalnya pukul 07.00, tidak digunakan sebagai sampel. Selanjutnya, seluruh urine yang dikeluarkan selama satu hari penuh ditampung ke dalam wadah tersebut. Pada hari berikutnya, urine pertama yang dikeluarkan pada pukul yang sama dijadikan bagian akhir dari pengumpulan sampel dan disimpan dalam botol

penampung. Kemudian segera dikirim ke laboratorium. Urine ini digunakan untuk pemeriksaan ureum, kreatinin, elektrolit (Gandasoebrata, 2013) dalam (Tunjung dkk., 2021).

e. **Urine prospondial**

Urine 2 jam post prandial (PP) adalah urin yang dikeluarkan 2 jam setelah makan. Urine ini dapat digunakan untuk pemeriksaan glukosuria (Gandasoebrata, 2013) dalam (Tunjung dkk., 2021).

C. Glukosa urine

1. Pengertian glukosa urine

Glukosa urine adalah adanya glukosa di urine yang disebabkan oleh tingginya kadar glukosa dalam darah (hiperglikemia) sehingga keluar bersamaan dengan urin, yang dipengaruhi oleh fungsi ginjal yang kurang baik (Yusrita dkk., 2022).

2. Mekanisme terbentuknya glukosa urine

Glukosa dapat muncul dalam urin ketika ginjal melakukan penyaringan darah dan proses reabsorpsi glukosa di tubulus ginjal tidak mampu menampung seluruhnya. Jika kadar glukosa darah melampaui ambang ginjal, yakni sekitar 160–180 mg/dL, kelebihan glukosa akan terbuang bersama urine. Kondisi ini dikenal dengan istilah glucosuria (Bintari dkk., 2024).

3. Faktor penyebab glukosa urine

Glukosa merupakan jenis gula yang paling sering ditemukan dalam urine. Selain glukosa, terdapat pula jenis gula lain seperti laktosa, fruktosa, galaktosa, dan pentosa yang dapat ditemukan pada kondisi tertentu. Keberadaan glukosa dalam urine umumnya dijumpai pada penderita diabetes melitus, namun kondisi glukosuria tidak selalu menunjukkan adanya penyakit DM. (Yusrita dkk., 2022).

Keberadaan glukosa dalam urin pada dasarnya dipengaruhi oleh dua hal yaitu kadar glukosa itu sendiri dan ambang ginjal dalam mengeluarkan glukosa. Saat kadar glukosa di dalam tubuh meningkat dan kemudian dikeluarkan melalui urine, glukosa tersebut akan bereaksi dengan dua enzim pada strip urin, yaitu glukosa oksidase (GOD) dan peroksidase (POD). Reaksi ini juga melibatkan zat pewarna (kromogen) seperti orto-toluidin yang akan berubah menjadi warna biru ketika hasilnya negatif, serta zat warna iodida yang berubah menjadi coklat jika hasilnya positif (Napitupulu, 2021).

D. Jenis pemeriksaan glukosa urine

1. Metode benedict

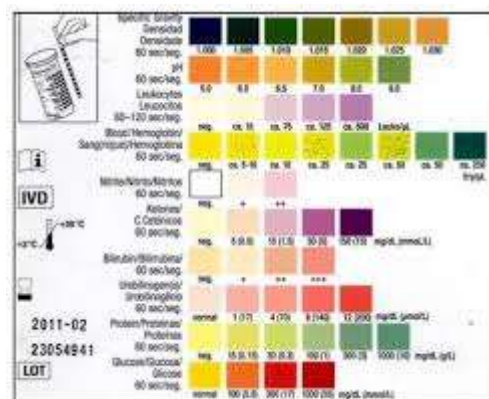
Pemeriksaan glukosa urine menggunakan metode Benedict didasarkan pada kemampuan glukosa sebagai zat pereduksi yang dapat mengubah tembaga sulfat (cuprisulfat) menjadi tembaga oksida (cupro). Metode Benedict termasuk pemeriksaan glukosa yang bersifat tidak spesifik karena berbagai zat pereduksi lain yang terdapat dalam urine, selain glukosa, juga dapat bereaksi pada pemeriksaan ini, seperti galaktosa, laktosa, dan formalin (Yusmaniar dkk., 2022).

Prinsip pemeriksaan Benedict adalah glukosa yang terdapat dalam urine akan mereduksi cuprisulfat menjadi cuprosulfat sehingga menyebabkan perubahan warna pada larutan Benedict. Hasil positif ditandai dengan munculnya kekeruhan disertai perubahan warna dari biru menjadi hijau kekuningan hingga merah bata (Lestari dkk., 2022).

2. Metode carik celup

Metode carik celup, atau dipstik, adalah salah satu alat diagnostik dasar yang digunakan untuk menentukan perubahan patologis dalam urine pada

urinalisis. Carik celup merupakan lembaran plastik tipis dan kaku yang pada salah satu sisinya ditemplei satu hingga sepuluh kertas penyerap atau bahan absorben lain, seperti kertas seluloid, yang masing-masing mengandung reagen spesifik. Skala warna yang terdapat pada carik celup digunakan untuk menilai hasil secara kualitatif maupun semikuantitatif. Tes carik celup dapat terdiri atas hingga sepuluh bantalan reagen kimia yang akan bereaksi dengan menunjukkan perubahan warna setelah dicelupkan dan diangkat dari sampel urine. Pemeriksaan yang memakai carik celup biasanya sangat cepat, mudan dan spesifik. Tes ini dapat dibaca antara 60 dan 120 detik setelah pencelupan (Sulasthia dkk., 2024).



Gambar 1 Parameter Carik Celup

(Izzah, Ginardi and Saikhu, 2014)

Interpretasi hasil pemeriksaan carik celup yaitu :

- Positif (+) : Hijau kekuningan pada strip urine
- Positif (++) : Coklat kekuningan pada strip urine
- Positif (+++) : Coklat muda pada strip urine
- Positif (+++++) : Coklat tua pada strip urine
- Negatif (-) : Biru pada strip urine (Gandosoebrata, 2016).

3. Metode fehling

Pada penelitian ini, uji kualitatif gula pereduksi dilakukan menggunakan pereaksi Fehling. Pereaksi ini terdiri dari dua bagian, yaitu Fehling A yang mengandung CuSO_4 dan Fehling B yang berisi campuran alkali berupa NaOH serta Na-K-tartarat. Kehadiran karbohidrat (gula pereduksi) ditunjukkan dengan terbentuknya endapan merah Cu_2O (Jhon, Nora, & Rudiansyah, 2015). Metode ini memiliki beberapa kelemahan, di antaranya membutuhkan lebih banyak reagen dan memerlukan waktu relatif lama untuk memperoleh hasil. Namun, kelebihanannya adalah biaya pemeriksaan lebih rendah serta hanya memerlukan sedikit sampel urin (Fidlayanti, 2022).

E. Glukosa Darah

Kadar glukosa darah merupakan istilah untuk menggambarkan jumlah glukosa yang terdapat dalam darah. Pada umumnya, kadar glukosa darah berada pada rentang normal sekitar 4–8 mmol/L atau 70–150 mg/dL setiap harinya. Nilai tersebut biasanya meningkat setelah makan dan menurun saat sebelum makan. Selain glukosa yang dikenal sebagai gula darah, terdapat jenis gula lain seperti fruktosa dan galaktosa. Namun, pengaturan kadar glukosa dalam tubuh terutama dipengaruhi oleh hormon insulin dan leptin (Selano, Marwaningsih, & Setyaningrum, 2020).

Peningkatan kadar glukosa darah yang berlangsung dalam waktu lama dapat menimbulkan berbagai komplikasi, seperti retinopati, gangguan ginjal, penyakit jantung koroner, stroke, hingga gangguan pembuluh darah besar seperti gangren. Diabetes melitus juga dapat memengaruhi berbagai organ dan jaringan tubuh, termasuk menyebabkan kerusakan ginjal akibat adanya albumin dalam urine

yang dipicu oleh menurunnya filtrasi glomerulus serta gangguan fungsi sistem imun. Selain itu, kadar glukosa darah yang tinggi dapat meningkatkan pembentukan radikal bebas pada beberapa sel tubuh dan memicu peningkatan jumlah neutrofil (Susilawati, Suryani, & Fatmawati, 2019).