

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Diabetes Melitus

1. Pengertian diabetes melitus

Etimologi istilah "diabetes melitus" berasal dari bahasa Yunani "diabetes" yang berarti "melewati" dan bahasa latin "melitus" yang berarti manis. Istilah ini diberikan karena penderita diabetes sering mengalami peningkatan konsumsi cairan dan ekskresi urin yang berlebihan. Selain itu urine penderita DM mengandung gula sehingga terasa manis. Kondisi ini lebih dikenal sebagai kencing manis atau DM (Lestari, 2021).

Diabetes melitus (DM) atau diabetes ialah kondisi yang merupakan gangguan metabolisme, diperlihatkan pada hiperglikemia (kadar glukosa darah yang tinggi) diakibatkan kekurangan insulin, resistensi terhadap insulin, atau kombinasi keduanya (Hardianto, 2021). DM ialah kondisi yang diperlihatkan oleh hiperglikemia serta gangguan dalam metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein, yang berhubungan pada absolut atau relatif dengan fungsi atau sekresi insulin (Noor, 2015).

DM atau banyak dikatakan *the silent killer* dikatakan mampu mempengaruhi berbagai organ tubuh dan membuat banyak komplikasi. Komplikasi yang mungkin terjadi meliputi masalah penglihatan, katarak, penyakit jantung, gagal ginjal, disfungsi seksual, luka yang sulit sembuh, gangren, infeksi paru-paru, gangguan pembuluh darah, stroke, dan lain-lain. Dalam kasus DM yang parah, amputasi anggota tubuh mungkin diperlukan akibat gangren. Untuk mengurangi insiden dan tingkat keparahan DM tipe 2,

pencegahan melalui perubahan gaya hidup dan pengobatan, yakni penggunaan obat hipoglikemik oral dan insulin, sangatlah penting dan insulin, sangatlah penting (Noor, 2015).

Diagnosis diabetes melitus dapat ditegakkan melalui pengukuran kadar glukosa darah, yang mencakup pemeriksaan glukosa darah sewaktu dengan hasil lebih dari 200 mg/dL. Selain itu, kadar glukosa darah puasa ≥ 126 mg/dL, serta hasil tes toleransi glukosa dua jam setelah pembebanan yang menunjukkan nilai di atas 200 mg/dL, juga digunakan sebagai kriteria diagnostik (Lestari, 2021).

2. Klasifikasi diabetes melitus

Sesuai etiologi *American Diabetes Association* (ADA) tahun 2020 mengklasifikasikan DM menjadi 3 jenis. Secara resmi WHO telah menyetujui dan menerapkan sistem klasifikasi ini dan telah diadopsi secara luas di seluruh dunia yakni: DM tipe 1, DM tipe 2, dan DM gestasional (diabetes kehamilan).

a. DM tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 merupakan gangguan metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat kerusakan sel beta pankreas, yang menyebabkan terhentinya produksi insulin secara total. Oleh karena itu, individu dengan diabetes tipe ini memerlukan terapi insulin harian. Diabetes melitus tipe 1, yang juga dikenal sebagai *Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (IDDM), ditandai oleh defisiensi insulin yang signifikan akibat kerusakan sel beta. Diagnosis diabetes tipe 1 dapat ditegakkan apabila kadar glukosa darah puasa mencapai 126 mg/dL atau lebih (Faida, 2020).

b. DM tipe 2

Diabetes melitus tipe 2, atau *Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (NIDDM), merupakan gangguan metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah. Pada kondisi ini, terjadi hiperinsulinemia akibat resistensi insulin, di mana hormon insulin tidak efektif dalam memfasilitasi masuknya glukosa ke dalam jaringan tubuh. Resistensi insulin ini disebabkan oleh menurunnya kemampuan insulin dalam merangsang pengambilan glukosa oleh jaringan perifer serta menekan produksi glukosa oleh hati, yang pada akhirnya mengganggu mekanisme pengangkutan glukosa ke dalam sel. Kekurangan insulin yang terjadi bersifat relatif, bukan absolut seperti pada diabetes tipe 1. Pada tahap awal, penderita diabetes tipe 2 umumnya masih memiliki kadar insulin yang memadai, meskipun kadar glukosa darah tetap tinggi. Kriteria diagnosis untuk diabetes tipe 2 ditetapkan apabila kadar glukosa darah mencapai 200 mg/dL atau lebih (Noor, 2015).

c. DM gestasional

DM gestasional adalah kondisi di mana diabetes berkembang selama kehamilan, meskipun sebelumnya kadar glukosa darah berada dalam batas normal. Umumnya, kondisi ini akan membaik setelah proses persalinan. Beberapa faktor risiko untuk diabetes gestasional meliputi wanita hamil yang berusia lebih dari 25 tahun, memiliki riwayat keluarga dengan diabetes, mengalami infeksi berulang, dan melahirkan bayi dengan berat lebih dari 4 kg. Kadar gula darah yang dianggap normal pada kehamilan berkisar antara 70-100 mg/dL. Bila kadar gula darah melebihi 140 mg/dL setelah mengonsumsi larutan

gula, maka individu tersebut dianggap mengalami diabetes gestasional (Hardianto, 2021).

3. Komplikasi yang ditimbulkan DM

Komplikasi yang ditimbulkan oleh DM dapat digolongkan menjadi 2, yaitu komplikasi akut dan komplikasi kronis (Perkeni, 2021).

a. Komplikasi akut

1) Hipoglikemia

Hipoglikemia merupakan kondisi patologis yang ditandai dengan penurunan kadar glukosa darah secara signifikan di bawah batas normal. Keadaan ini umumnya disebabkan oleh peningkatan kadar insulin dalam tubuh, penggunaan obat hipoglikemik secara berlebihan, atau asupan makanan yang tertunda. Manifestasi klinis dari hipoglikemia dapat meliputi gangguan penglihatan, takikardia, nyeri kepala, tremor, keringat dingin, dan sensasi pusing. Dalam kasus yang lebih berat, hipoglikemia dapat menyebabkan kehilangan kesadaran, kejang, hingga koma.

2) Ketosiadosis diabetik (KAD)

Ketoasidosis diabetik ialah kondisi darurat medis yang muncul sebagai komplikasi dari DM, berlangsung saat tubuh tidak bisa memanfaatkan glukosa menjadi sumber energi dan beralih untuk memproses lemak, yang menghasilkan keton. Kondisi ini mampu membuat penumpukan zat asam berbahaya pada darah, yang berpotensi mengakibatkan dehidrasi, koma, kesulitan bernapas, atau bahkan kematian jika tidak ditangani dengan cepat.

3) Hiperglikemia

Hiperglikemia merupakan kondisi di mana kadar glukosa dalam darah meningkat melebihi batas normal. Glukosa berperan sebagai sumber utama energi bagi tubuh dan pengaturannya bergantung pada hormon insulin yang dihasilkan oleh pankreas. Ketika tubuh mengalami defisiensi insulin atau tidak mampu menggunakan insulin secara efektif, glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel untuk dimetabolisme menjadi energi. Akibatnya, glukosa terakumulasi dalam sirkulasi darah, yang menyebabkan peningkatan kadar gula darah secara signifikan.

b. Komplikasi kronis

1) Gangguan pada mata (retinopati diabetik)

Diabetes mampu merusak pembuluh darah di retina, yang dikenal sebagai retinopati diabetik. Kondisi ini berpotensi membuat kehilangan penglihatan dan kebutaan. Selain itu, pembuluh darah di mata yang terpengaruh oleh diabetes pun dapat mengembangkan risiko komplikasi mata lainnya, yakni katarak dan glaukoma. Penanganan yang cepat dan tepat terhadap retinopati diabetik bisa membantu mencegah atau memperlambat gangguan penglihatan. Maka, disarankan bagi penderita diabetes guna menjalani pemeriksaan mata dengan rutin.

2) Kerusakan ginjal (nefropati diabetik)

Nefropati diabetik ialah istilah medis guna permasalahan ginjal yang ditimbulkan oleh diabetes. Keadaan ini mampu membuat gangguan fungsi ginjal bahkan kematian bila tidak ditangani dengan tepat. Apabila berlangsung gagal ginjal, pasien akan membutuhkan dialisis secara teratur atau transplantasi ginjal. Deteksi dini dan penanganan yang tepat, seperti pengelolaan kadar gula

darah dan tekanan darah, pengobatan yang cepat di tahap awal gangguan ginjal, serta pembatasan asupan protein, bisa membantu mencegah perkembangan diabetes menjadi gagal ginjal.

3) Kerusakan saraf (neuropati diabetik)

Kadar glukosa darah yang tidak terkontrol dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada pembuluh darah dan sistem saraf, dengan manifestasi yang paling sering terjadi pada ekstremitas bawah, terutama kaki. Salah satu komplikasi yang umum adalah neuropati diabetik, yaitu kerusakan saraf akibat hiperglikemia kronis atau gangguan perfusi darah ke jaringan saraf. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan sensorik seperti parestesia, mati rasa, atau nyeri. Selain itu, kerusakan saraf pada saluran pencernaan dapat menyebabkan gastroparesis, yang ditandai dengan gejala seperti mual, muntah, dan rasa cepat kenyang. Pada pria, komplikasi neuropati juga dapat menyebabkan gangguan fungsi seksual seperti disfungsi ereksi. Oleh karena itu, deteksi dini dan pengelolaan diabetes sangat penting guna mencegah progresivitas kerusakan saraf. Pengendalian kadar glukosa darah dapat dicapai melalui penerapan pola makan seimbang, aktivitas fisik yang teratur, serta kepatuhan terhadap terapi medis sesuai anjuran tenaga kesehatan.

4) Penyakit kardiovaskular

Kadar gula darah yang tinggi mampu membuat kerusakan di pembuluh darah yang mampu mengganggu aliran darah ke seluruh tubuh khususnya jantung. Komplikasi diabetes pada sistem kardiovaskular dapat menyebabkan kondisi seperti aterosklerosis, penyakit jantung, serangan jantung, dan stroke.

Mengatur kadar gula darah dan faktor risiko lainnya mampu secara efektif mencegah dan memperlambat timbulnya komplikasi penyakit kardiovaskular.

4. Faktor risiko yang mempengaruhi penyebab diabetes melitus

Faktor resiko yang mempengaruhi penyebab DM terdiri dari faktor resiko yang tidak bisa diubah dan faktor resiko yang bisa diubah, antara lain meliputi (Widiasari, 2021).

a. Faktor risiko yang tidak dapat diubah

1) Genetik (keturunan)

Individu yang menderita diabetes, terutama yang mempunyai riwayat keluarga dengan penyakit ini, mengandung kemungkinan lebih besar guna meningkatkan diabetes daripada dengan mereka yang tidak mempunyai latar belakang keluarga yang sama. Penyakit ini lebih mungkin diturunkan melalui warisan genetik daripada melalui penularan. Gen yang meningkatkan risiko diabetes dapat diwariskan kepada generasi selanjutnya, termasuk cucu dan cicit, meskipun dengan kemungkinan yang lebih kecil.

2) Faktor usia

Seiring bertambahnya usia, risiko untuk mengembangkan diabetes juga meningkat, terutama setelah mencapai usia 45 tahun, yang merupakan kelompok usia dengan prevalensi diabetes tertinggi. Setelah usia 40 tahun, tubuh secara alami mengalami penurunan dalam fungsi metabolisme. Pada fase kehidupan ini, diabetes sering kali mulai muncul.

3) Jenis kelamin

Distribusi penderita diabetes melitus berdasarkan jenis kelamin menunjukkan perbedaan yang cukup mencolok. Di Amerika Serikat, prevalensi

diabetes tercatat lebih tinggi pada populasi wanita dibandingkan pria. Meskipun demikian, mekanisme biologis yang menjelaskan hubungan antara jenis kelamin dan risiko terjadinya diabetes masih belum sepenuhnya dipahami secara ilmiah.

4) Riwayat menderita diabetes gestasional

Ibu hamil yang berusia lebih dari 25 tahun serta memiliki riwayat keluarga dengan diabetes berisiko lebih tinggi mengalami diabetes gestasional. Keadaan ini dapat menyebabkan bayi lahir dengan berat badan melebihi 4 kilogram. Selain itu, ibu yang mengalami kondisi tersebut juga berpeluang lebih besar untuk menderita diabetes melitus tipe 2 di kemudian hari.

b. Faktor risiko yang dapat diubah

1) Obesitas

Obesitas menyebabkan sel beta pankreas menghadapi pembesaran (hipertrofi), yang pada akhirnya mengurangi produksi insulin. Hipertrofi ini terjadi dikarenakan perkembangan beban metabolisme glukosa dalam individu yang mengalami obesitas, yang mengakibatkan kelebihan energi dalam tubuh. Semakin banyak jaringan lemak (adiposa) yang tersedia pada tubuh, semakin tinggi resistensi insulin, khususnya bila lemak tersebut terakumulasi di area perut (obesitas sentral). Jaringan lemak dapat mengganggu fungsi insulin, sehingga menghambat transportasi glukosa ke dalam sel, yang menyebabkan penumpukan glukosa pada sel dan hiperglikemia. Diabetes tipe 2 umumnya terkait dengan obesitas, di mana sekitar 80-90% penderita diabetes tipe 2 juga menghadapi obesitas.

2) Aktivitas fisik

Aktivitas fisik ialah gerakan yang diperoleh oleh kontraksi otot rangka dan membutuhkan pengeluaran energi di luar waktu istirahat. Kurangnya aktivitas fisik berkaitan dengan peningkatan risiko diabetes. Melakukan olahraga atau aktivitas fisik secara rutin mampu menolong mengatur berat badan, meningkatkan sensitivitas insulin pada sel-sel tubuh, serta mendukung metabolisme glukosa dalam darah menjadi energi.

3) Hipertensi

Hipertensi ditandai dengan peningkatan tekanan darah yang dapat diakibatkan oleh retensi garam dan air yang tidak tepat atau tekanan yang meningkat di dalam sirkulasi pembuluh darah perifer tubuh.

4) Pola makan

Kebiasaan makan yang tidak teratur dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi, baik berupa defisiensi gizi maupun kelebihan berat badan. Kekurangan asupan nutrisi berpotensi memengaruhi kinerja pankreas serta proses sekresi hormon insulin. Sementara itu, kondisi obesitas dapat menurunkan efektivitas kerja insulin, yang pada gilirannya meningkatkan risiko seseorang untuk mengalami diabetes melitus.

5) Konsumsi alkohol

Konsumsi alkohol pada pasien yang didiagnosis dengan diabetes melitus dapat mengganggu metabolisme glukosa darah yang menyebabkan komplikasi dalam peningkatan glukosa darah dan tekanan darah.

5. Ketoasidosis Diabetik (KAD)

American Diabetes Association mengatakan Ketoasidosis Diabetik (KAD) ialah komplikasi akut diabetes melitus yang parah yang memerlukan intervensi segera. Kondisi ini ditandai dengan hiperglikemia, asidosis dan ketosis yang dapat menimbulkan resiko signifikan terhadap kesehatan pasien jika tidak ditangani dengan segera dan efektif. Kondisi yang dikenal sebagai ketoasidosis diabetik ini muncul karena berkurangnya insulin yang ada di dalam aliran darah ditambah dengan lonjakan hormon pengatur seperti glukagon, katekolamin, kortisol dan hormon pertumbuhan.

Ketoasidosis diabetik umumnya lebih sering terjadi pada penderita diabetes melitus tipe 1, namun kondisi ini juga dapat dialami oleh individu dengan diabetes melitus tipe 2 yang tidak terkontrol dengan baik, terutama ketika kadar glukosa darah melebihi 300 mg/dL. Meskipun kejadian ini lebih jarang pada tipe 2, risikonya tetap ada karena tubuh masih memproduksi insulin dalam jumlah terbatas, namun efektivitas hormon tersebut menurun akibat adanya resistensi insulin (Aritonang, 2016).

Dalam kondisi kekurangan insulin, tubuh akan mengandalkan pemecahan lemak sebagai sumber energi alternatif, sehingga menghasilkan senyawa keton. Keton berperan sebagai cadangan energi ketika pasokan glukosa tidak mencukupi. Selain itu, proses katabolisme glikogen dan protein juga terjadi guna mempertahankan kadar glukosa dalam darah. Kombinasi dari mekanisme tersebut dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemia), yang selanjutnya memicu diuresis osmotik dan berpotensi

menimbulkan dehidrasi, ketonemia, asidosis metabolik, serta ketonuria (Chairani, 2020).

Kadar glukosa darah pada penderita yang mengalami ketoasidosis diabetik dapat berkisar antara 300 hingga 800 mg/dL. Ada kemungkinan bagi pasien tertentu untuk menunjukkan penurunan kadar glukosa darah. Pasien tertentu dapat menunjukkan asidosis yang berat disertai kadar glukosa 100– 200 mg/dL sementara pasien lain mungkin tidak menunjukkan tanda – tanda ketoasidosis diabetik meskipun memiliki kadar glukosa setinggi 400 – 500 mg/dL (Chairani, 2020).

B. Glukosa Darah

1. Pengertian glukosa darah

Glukosa yakni monosakarida sederhana yang mengandung rumus molekul $C_6H_{12}O_6$. Kata glukosa diambil dari bahasa Yunani yakni *Glukus* yang bermakna manis, dikarenakan memang nyata glukosa mengandung rasa manis (Tuslinah, 2015). Glukosa dalam darah memiliki peran krusial sebagai sumber bahan bakar untuk proses metabolisme dan sebagai sumber energi utama untuk otak. Glukosa darah yakni jenis gula yang tersedia pada aliran darah, yang dihasilkan dari karbohidrat yang dikonsumsi lewat makanan dan disimpan dalam bentuk glikogen di hati serta otot rangka (Subiyono, 2016).

Glukosa darah yakni jenis gula sederhana yang biasanya ditemukan pada makanan pada bentuk yang disakarida atau terikat dengan molekul lainnya. Dalam individu yang tidak menderita diabetes melitus, konsentrasi glukosa pada vena umumnya berkisar 75-115 mg/dL. Tubuh secara fisiologis menjaga kadar glukosa darah dalam kisaran normal yang cukup ketat, yakni

sekitar 70 hingga 150 mg/dL sepanjang hari. Kadar ini biasanya mengalami peningkatan setelah makan dan mencapai titik terendah pada pagi hari sebelum asupan makanan pertama. Regulasi kadar glukosa darah dipengaruhi oleh dua kelompok faktor, yaitu faktor internal (endogen) dan eksternal (eksogen). Faktor endogen mencakup hormon-hormon seperti insulin, glukagon, dan kortisol, serta sistem reseptor yang berada pada jaringan otot dan hati. Sementara itu, faktor eksogen meliputi pola konsumsi makanan, termasuk jenis dan jumlahnya, serta tingkat aktivitas fisik individu (Alydrus, 2022).

2. Jenis pemeriksaan gula darah

Pemeriksaan glukosa darah dijalankan guna menentukan apakah kadar glukosa dalam tubuh berada dalam batas normal atau tidak. Terdapat berbagai jenis tes yang dapat dilakukan untuk memeriksa glukosa darah (Alydrus, 2022) meliputi :

a. Pemeriksaan glukosa darah sewaktu

Pemeriksaan glukosa darah sewaktu ialah prosedur diagnostik yang dapat dilakukan kapan saja sepanjang hari, tanpa memperhatikan asupan makanan atau kondisi kesehatan individu. Tes ini umumnya digunakan sebagai skrining untuk mendiagnosis diabetes melitus, di mana hasil glukosa darah di bawah 140 mg/dL menunjukkan kadar glukosa yang normal.

b. Pemeriksaan glukosa darah puasa

Pemeriksaan glukosa darah puasa adalah prosedur diagnostik yang mengukur kadar glukosa dalam darah setelah pasien berpuasa selama 10-12 jam. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa hasil pengukuran tidak

dipengaruhi oleh asupan makanan. Menurut standar yang ditetapkan oleh WHO, kadar glukosa darah puasa yang normal berkisar dibawah 126 mg/dL.

c. Pemeriksaan glukosa darah 2 jam post prandial

Evaluasi kadar glukosa darah dua jam setelah makan (2 jam post prandial) dilakukan untuk menilai respons tubuh terhadap asupan karbohidrat. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi efisiensi metabolisme glukosa setelah konsumsi makanan. Nilai normal glukosa darah pada pemeriksaan ini umumnya berada pada atau di bawah 140 mg/dL.

d. Test Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

Test Toleransi Glukosa Oral (TTGO) ialah pemeriksaan glukosa darah yang dilakukan pada kasus – kasus dimana kadar glukosa 2 jam setelah makan tidak berada dalam kisaran normal. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh kepada pasien mengenai adanya ketidakaturan metabolisme karbohidrat.

Pemeriksaan ini pasien akan diberikan 75 mg glukosa yang dilarutkan dalam 250 ml air yang harus dikonsumsi dalam waktu 5 menit setelah pemberian. Pasien harus kembali menjalani puasa selama 2 jam, setelah itu darah harus diambil sekali lagi untuk pemeriksaan lebih lanjut. Nilai normal untuk pemeriksaan toleransi glukosa oral (TTGO) adalah kurang dari 150 mg/dl.

3. Metode pemeriksaan glukosa darah

Ada berbagai jenis metode pemeriksaan glukosa darah adalah sebagai berikut (Wulandari, 2024)

a. Metode kimia atau reduksi

Metode kimia atau reduksi jarang digunakan dalam analisis karena kurang spesifik. Metode ini melibatkan reaksi kondensasi glukosa dengan amina aromatik dan asam asetat glasial dalam kondisi panas yang menghasilkan senyawa hijau yang dapat diukur dengan fotometer. Namun metode kimia memiliki kelemahan yaitu waktu pemeriksaan yang lama melibatkan pemanasan sehingga dapat menyebabkan kesalahan yang signifikan. Reagen yang digunakan juga bersifat korosif terhadap peralatan laboratorium. Selain itu gula lain selain glukosa mampu terukur, yang membentuk perolehan yang tidak akurat.

b. Metode enzimatis

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

Metode GOD – PAP melibatkan penentuan kadar glukosa darah secara enzimatis yaitu Glucose Oxidase Para Aminoantipirindari sampel serum atau plasma. Hal ini memperoleh warna merah yang diukur dengan fotometer pada panjang gelombang 546 nm. Aspek mendasar dari pemeriksaan ini adalah mengukur kadar glukosa setelah proses oksidasi yang dikatalisis oleh enzim glukosa oksidase. Indikator kolorimetri yang digunakan adalah quinonemine merah yang diperoleh dari 4-aminoantipirin dan fenol. Indikator ini mengalami reaksi dengan hidrogen peroksida yang difasilitasi oleh enzim katalitik dikenal sebagai reaksi Trinder.

2) Metode heksokinase

Metode heksokinase ialah teknik yang disarankan oleh WHO dan *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC)* untuk menilai kadar glukosa darah. Metode ini ialah metode standar guna menentukan kadar glukosa. Prinsip kerja dari metode ini didasarkan pada

aktivitas katalitik heksokinase dalam memfosforilasi glukosa menggunakan ATP yang menghasilkan glukosa 6-fosfat dan ADP. Kemudian enzim glukosa 6-fosfat dehidrogenase mengoksidasi glukosa 6-fosfat dengan bantuan nikotinamida adenin dinukleotida fosfat NADP^+ .

3) POCT (*Point of Care Testing*)

Point of Care Testing (POCT) merupakan metode pemeriksaan glukosa darah secara *in vitro* yang digunakan untuk menilai kadar glukosa secara kuantitatif maupun untuk keperluan skrining. Pemeriksaan ini dapat dilakukan menggunakan sampel darah kapiler segar maupun darah vena. Salah satu teknik yang sering diterapkan di laboratorium melibatkan penggunaan strip uji yang dibaca melalui alat khusus seperti glukometer, atau menggunakan reagen enzimatik yang dianalisis dengan fotometer. Metode ini, yang memanfaatkan enzim glukosa oksidase, memiliki keunggulan berupa biaya yang relatif rendah, prosedur yang sederhana, dan ketelitian hasil yang memadai.

C. Urine

1. Pengertian pemeriksaan urine

Pemeriksaan urine merupakan salah satu metode penunjang yang membantu dalam menegakkan diagnosis terkait gangguan ginjal dan saluran kemih, lalu masalah di luar sistem kemih yakni pada hati, saluran empedu, pankreas, dan korteks adrenal. Pemeriksaan urine dapat dibedakan menjadi dua kategori: pemeriksaan urine rutin, yang dianggap sebagai pemeriksaan dasar dan dimanfaatkan guna analisis lebih lanjut, serta pemeriksaan urine khusus, yang dilakukan berdasarkan indikasi tertentu. Prosedur pemeriksaan urine rutin

tidak selalu seragam tiap sakit, hingga setiap institusi kesehatan dapat mempunyai variasi dalam jenis pemeriksaan yang dilakukan (Zulfa, 2018).

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

- a. Urine sewaktu ialah urine dikumpulkan kapan saja dan digunakan untuk pemeriksaan penyaringan rutin.
- b. Urine pagi ialah urine dikeluarkan pertama kali di pagi hari dan memiliki konsentrasi tinggi. Urine ini dipakai pada pemeriksaan sedimen urine, berat jenis, protein, dan tes kehamilan.
- c. Urine puasa ialah urine yang dikumpulkan setelah urine pagi dan setelah periode puasa. Urine puasa ini dipakai memantau kadar glukosa dalam urine.
- d. Urine postprandial ialah urine yang dikeluarkan 2 jam sehabis makan.

2. Parameter pemeriksaan urine

Pemeriksaan urine dijalankan pada uji dipstik yakni memanfaatkan reagen strip. Parameter yang ada di reagen strip biasanya adalah pH, protein, glukosa, bilirubin, urobilinogen, berat jenis, darah, keton, nitrit, dan leukosit (Gandasoebrata, 2016) :

a. pH

pH urine mengacu pada tingkat keasaman atau alkalinitas urin. Normalnya, pH urine berada dalam rentang 4,6 hingga 8,0 dengan rata-rata sekitar 6,0. pH urine dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor.

b. Protein

Protein urine mengacu pada keberadaan protein dalam urine, yang biasanya tidak ada dalam jumlah signifikan. Proteinuria adalah kondisi ketika terdapat protein dalam urine dalam jumlah yang lebih tinggi dari normal.

c. Glukosa

Glukosa urine merujuk pada adanya glukosa dalam urine. Dalam kondisi normal, seharusnya tidak terdapat glukosa dalam urin, karena ginjal dapat menyerap kembali seluruh glukosa yang disaring dari darah. Namun, ketika kadar glukosa darah terlalu tinggi, seperti yang terjadi pada diabetes, ginjal tidak mampu menyerap kembali semua glukosa, sehingga sebagian glukosa akan terbuang melalui urin.

d. Bilirubin

Bilirubin urine atau bilirubinuria mengacu pada keberadaan bilirubin dalam urine. Bilirubin adalah pigmen kuning yang dihasilkan dari pemecahan sel darah merah tua. Normalnya bilirubin diproses oleh hati dan dikeluarkan melalui feses.

e. Urobilinogen

Urobilinogen urine atau urobilinogenuria mengacu pada keberadaan urobilinogen dalam urine. Urobilinogen adalah produk sampingan dari pemecahan bilirubin dalam usus. Normalnya sebagian kecil urobilinogen diserap kembali ke dalam darah dan dikeluarkan melalui urine.

f. Berat jenis

Berat jenis urine mengacu pada konsentrasi zat terlarut dalam urine, dibandingkan dengan air murni. Semakin tinggi konsentrasi zat terlarut,

semakin tinggi berat jenis urine. Berat jenis urin normal berkisar antara 1,005 hingga 1,030.

g. Darah

Darah dalam urine atau hematuria mengacu pada keberadaan darah dalam urine. Hematuria dapat terlihat dengan mata telanjang disebut hematuria makroskopik, atau hanya dapat dideteksi melalui pemeriksaan mikroskopis disebut hematuria mikroskopik.

h. Keton

Keton urine atau ketonuria mengacu pada keberadaan keton dalam urine. Keton adalah produk sampingan dari pemecahan lemak untuk energi yang biasanya terjadi ketika tubuh kekurangan glukosa.

i. Nitrit

Nitrit adalah senyawa kimia yang dapat ditemukan dalam urine sebagai indikasi potensi infeksi saluran kemih (ISK). Bakteri tertentu dalam ISK dapat mengubah nitrat dalam urine menjadi nitrit.

j. Leukosit

Leukosit urine, atau yang dikenal sebagai leukosituria, merujuk pada adanya sel darah putih (leukosit) dalam urine. Leukosit merupakan komponen dari sistem kekebalan tubuh yang berperan dalam melawan infeksi. Dalam kondisi normal, hanya terdapat sedikit sel darah putih dalam urine. Namun, jika jumlah leukosit dalam urine meningkat, hal ini dapat menjadi indikasi adanya infeksi atau peradangan pada saluran kemih.

3. Keton Urine

Keton ialah senyawa organik yang mengandung gugus karbonil yang terikat pada dua gugus alkil. Struktur dari keton terdiri atas atom-atom karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) (Fristiani, 2022).

Pada tubuh, keton merupakan produk sampingan proses katabolisme asam lemak yang berlangsung di hati. Keton hendak dibuat saat berlangsung kekurangan karbohidrat dan tidak terbentuknya energi dari glukosa. Saat tubuh menghadapi gangguan metabolisme, khususnya gangguan metabolisme karbohidrat maka tubuh hendak memanfaatkan simpanan asam lemak dan protein menjadi pengganti bahan bakar guna mendapatkan energi (Chairani, 2020).

Kondisi yakni ketoasidosis diabetik, kelaparan, kehamilan, ketoasidosis alkohol, diet tinggi protein dengan rendah karbohidrat, muntah, diare, dan hiperglikemia mampu menimbulkan produksi keton pada tubuh. Pengukuran badan keton tidak sekadar dilakukan melalui urinalisis lengkap, namun juga guna mengklarifikasi atau merawat banyak kelompok pasien, yakni mereka yang dirawat di rumah sakit pada kondisi darurat, pasien diabetes dengan resistensi insulin yang parah, atau pasien yang mengalami komplikasi selama kehamilan. Sesudah terapi insulin dan cairan dalam kasus hiperglikemia dan ketosis, jaringan β -hidroksibutirat diubah kembali menjadi asetoasetat, yang dapat membuat pertumbuhan sementara ekskresi asetoasetat dalam urine walaupun kondisi klinis pasien menunjukkan perbaikan (Wibowo, 2016).

4. Metode pemeriksaan keton urine

Tersedia berbagai metode yang digunakan untuk memeriksa keton dalam urine, di antaranya adalah metode rothera, gerhardt, dan penggunaan dipstick atau kertas celup (Gandasoebrata, 2016).

1) Metode Rothera

Prosedur ini disesuaikan di interaksi pada nitropussida dan asam asetoasetat atau aseton, yang menghasilkan senyawa berwarna ungu. Metode pemeriksaan ini menunjukkan sensitivitas tinggi pada asam asetoasetat, dengan hasil positif hingga 1 : 400.000. Selain itu, metode ini juga menunjukkan sensitivitas terhadap aseton, dengan hasil positif hingga 1 : 200.000. Namun, reaksi ini tidak dapat bereaksi dengan asam β -hidroksibutirat. Reagen yang dimanfaatkan pada prosedur ini ialah Rothera yang berisi 5 gram natriumnitropussida dan 200 gram amoniumsulfat.

2) Metode Gerhardt

Metode ini didasarkan pada reaksi antara asam asetoasetat dan ferriklorida, yang menghasilkan senyawa berwarna mirip anggur port (merah-coklat). Asam asetoasetat dapat terdeteksi hingga pengenceran 1:1000 melalui reaksi ini, meskipun sensitivitasnya lebih rendah dibandingkan dengan metode Rothera. Dalam metode ini, aseton dan asam β -hidroksibutirat tidak berinteraksi.

3) Carik celup

Metode pemeriksaan keton dalam urine yang umum dikenal sebagai kertas celup memanfaatkan natrium nitropussida menjadi reagen guna menghasilkan warna ungu, mirip dengan metode Rothera. Metode ini banyak

dimanfaatkan guna laboratorium dikarenakan efisiensinya yang lebih baik. Sensitivitas pemeriksaan ketonuria yang menggunakan strip reagen lebih tinggi untuk asam asetoasetat dibandingkan dengan aseton, disebabkan oleh sifat aseton yang cepat menguap.

D. Hubungan Glukosa Darah Dan Keton Urine Pada Penderita Diabetes

Melitus

Diabetes melitus yakni penyakit kronis yang ditandai oleh peningkatan kadar glukosa darah akibat gangguan produksi atau fungsi insulin. Kadar glukosa darah yang tinggi dan kekurangan insulin menyebabkan tubuh menggunakan lemak sebagai sumber energi alternatif. Proses ini menghasilkan senyawa yang disebut badan keton. Keton dalam tubuh berfungsi sebagai sumber energi cadangan saat tubuh tidak mendapatkan cukup glukosa. Glikogen dan protein mengalami katabolisme untuk menghasilkan glukosa. Faktor – faktor yang disebutkan dapat menyebabkan hiperglikemia yang pada gilirannya memicu diuresis osmotik yang dapat mengakibatkan dehidrasi, ketonemia, asidosis metabolik dan ketonuria (Martini, 2023).

Ketonuria merupakan tanda bahwa tubuh mengalami kekurangan insulin dan sedang membakar lemak untuk energi. Kadar keton urine yang tinggi dapat menjadi indikator awal ketoasidosis diabetik, suatu kondisi serius yang terjadi ketika tubuh memproduksi terlalu banyak badan keton. Ketoasidosis diabetik dapat menyebabkan berbagai komplikasi, termasuk koma dan kematian (Chairani, 2020).

Penderita DM direkomendasikan untuk mengambil tindakan pencegahan terhadap ketoasidosis diabetik dan komplikasi diabetes lainnya

yaitu dengan memantau kadar glukosa darah dan memeriksa kadar keton dengan secara teratur.