

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Darah Kapiler

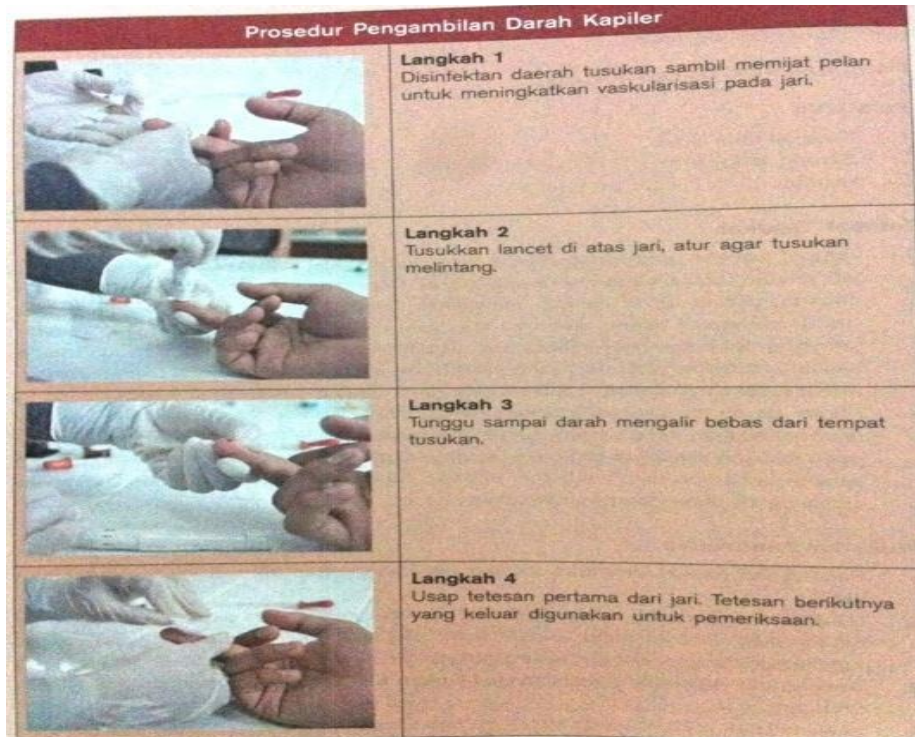
Darah kapiler adalah darah yang diperoleh melalui penusukan pada bagian kulit atau pembuluh kapiler. Pembuluh kapiler berperan dalam proses difusi pada sistem sirkulasi darah, yaitu menyalurkan nutrisi, oksigen, dan hormon dari pembuluh darah menuju ruang jaringan untuk diteruskan ke sel-sel yang membutuhkan. Selain itu, kapiler juga berfungsi membawa sisa hasil metabolisme dari ruang jaringan kembali ke aliran darah melalui pembuluh kapiler (Laisouw 2017).

Dalam praktik pemeriksaan laboratorium menggunakan sampel darah kapiler, terdapat prosedur standar yang harus diperhatikan guna mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Setelah dilakukan penusukan, tetesan darah pertama wajib dihapus menggunakan kapas kering. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan sisa alkohol dari proses antisepsis serta cairan jaringan (*interstitial fluid*) yang dapat bercampur dengan darah. Kontaminasi dari kedua komponen tersebut dapat menyebabkan pengenceran sampel sehingga memengaruhi konsentrasi analit yang diperiksa.

Tetesan darah kedua kemudian digunakan sebagai sampel untuk pemeriksaan karena dianggap mewakili komposisi darah kapiler yang sebenarnya. Apabila tetesan darah pertama langsung digunakan tanpa proses penghapusan, maka risiko terjadinya kesalahan hasil meningkat, terutama pada pemeriksaan glukosa darah. Campuran dari cairan jaringan bisa membuat hasil pengukuran kadar glukosa dalam darah terlihat lebih rendah dibandingkan

dengan nilai sebenarnya yang dapat mengakibatkan interpretasi klinis yang keliru.

Pemahaman mengenai karakteristik darah kapiler serta ketepatan prosedur pengambilan sampel merupakan faktor kunci dalam memastikan keakuratan pemeriksaan laboratorium yang menggunakan darah kapiler sebagai sampel.



Gambar 1. Prosedur Pengambilan Darah Kapiler

(Sumber : Laisouw 2017)

Komposisi darah yang diambil untuk analisis dapat terpengaruh oleh kesalahan saat proses pengambilan darah. Menurut R. Gandasoebrata (2013), adapun kesalahan-kesalahan yang dapat terjadi pada proses pengambilan sampel darah kapiler, yaitu:

1. Mengambil sampel darah dari area yang menunjukkan masalah pada sirkulasi seperti penyempitan pembuluh darah (pucat), pelebaran pembuluh darah (karena peradangan, cedera, dan lain-lain), atau kemerahan lokal

akibat penumpukan darah atau kebiruan.

2. Tusukan yang tidak terlalu dalam, darah perlu dipaksa keluar dengan meremas.
3. Kulit yang ditusuk masih dalam keadaan basah akibat alkohol. Hal ini tidak hanya menyebabkan darah menjadi lebih encer tetapi juga membuat darah menyebar di permukaan kulit sehingga sulit dihisap ke dalam pipet.
4. Tetesan darah yang pertama tanpa dihapus dengan kapas kering dipakai untuk pemeriksaan.
5. Terjadi penggumpalan dalam tetesan darah karena prosesnya berjalan terlalu lambat.

B. Pengertian Glukosa Darah

Glukosa merupakan salah satu bentuk karbohidrat yang memiliki fungsi utama sebagai sumber energi bagi tubuh serta berperan dalam proses pembentukan energi. Senyawa ini berasal dari makanan yang mengandung karbohidrat, baik berupa monosakarida, disakarida, maupun polisakarida. Karbohidrat tersebut selanjutnya diuraikan menjadi glukosa di dalam hati untuk dimanfaatkan dalam menghasilkan energi tubuh. Dalam tubuh, glukosa tersimpan dalam bentuk glikogen dan juga beredar di dalam plasma darah. Selain berfungsi sebagai sumber energi utama dalam metabolisme, glukosa turut berperan penting dalam mendukung aktivitas dan fungsi otak (Fahmi, Firdaus, dan Rohmah 2020).

Glukosa darah merupakan gula hasil metabolisme karbohidrat dari makanan yang dikonsumsi, kemudian disimpan dalam bentuk glikogen di hati dan jaringan otot. Keseimbangan kadar glukosa dalam darah diatur oleh dua hormon utama yang dihasilkan pankreas, yaitu insulin dan glukagon (Sunita, R. 2021).

Konsentrasi glukosa dalam darah dipertahankan agar tetap berada pada kisaran normal melalui mekanisme homeostasis yang melibatkan hormon seperti insulin, glukagon, kortisol, dan epinefrin. Insulin berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah dengan meningkatkan penggunaan glukosa oleh sel tubuh serta merangsang penyimpanannya dalam bentuk glikogen. Sebaliknya, glukagon berfungsi meningkatkan kadar glukosa darah melalui stimulasi proses glikogenolisis dan glukoneogenesis di hati.

Dalam konteks klinis, pengukuran glukosa darah memiliki peran penting dalam penilaian status metabolik seseorang, khususnya pada diagnosis dan pemantauan diabetes melitus. Ketidakseimbangan kadar glukosa darah dapat menyebabkan kondisi hiperglikemia maupun hipoglikemia yang berpotensi menimbulkan komplikasi akut dan kronis jika tidak ditangani dengan baik

C. Pemeriksaan Glukosa Darah

Pemeriksaan kadar glukosa darah digunakan sebagai indikator dalam mendeteksi penyakit diabetes melitus yang pada awalnya dilakukan menggunakan sampel darah lengkap. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kandungan protein, terutama hemoglobin, di dalam sel darah merah, sehingga kadar glukosa pada serum diketahui lebih tinggi dibandingkan dengan darah utuh (Martsiningsih and Gabrela 2016). Berikut jenis-jenis pemeriksaan glukosa darah, yaitu:

1. Glukosa darah sewaktu

Pemeriksaan glukosa darah sewaktu (GDS) atau *Blood Sugar Sometimes* (BSS) adalah metode pemeriksaan kadar glukosa darah yang dilakukan tanpa persyaratan puasa, sehingga pengambilan sampel dapat dilakukan pada waktu tertentu sesuai kebutuhan. Pemeriksaan ini digunakan tidak hanya untuk membantu deteksi

diabetes melitus tetapi juga sebagai evaluasi berkala terhadap pengendalian kadar glukosa pada penderita diabetes. Analisis GDS dapat dilakukan menggunakan strip pemeriksaan pada darah kapiler maupun melalui metode fotometri pada sampel serum atau plasma (Nugraha, Gilang., Baddrawi, Imaduddin. 2018).

Tabel 1
Nilai rujukan glukosa darah sewaktu

Tes	Sampel	Normal	Tinggi	Sangat Tinggi
		mg/dL		
GDS	Plasma Vena	<110	110-119	≥ 200

(Sumber : Perkeni 2021)

2. Glukosa darah puasa

Glukosa darah puasa (GDP) yang dikenal juga sebagai *Nuchter* atau *Fasting Blood Sugar* (FBS), merupakan pemeriksaan untuk menentukan kadar glukosa darah pada pasien yang berada dalam kondisi puasa. Secara umum, prosedur pemeriksaan GDP hampir sama dengan pemeriksaan glukosa darah sewaktu (GDS) tetapi memiliki perbedaan pada tahap persiapan, di mana pasien diwajibkan menjalani puasa sebelum pemeriksaan dilakukan (Nugraha, Gilang., Baddrawi, Imaduddin. 2018).

Pasien yang menjalani pemeriksaan GDP harus berpuasa selama 10–12 jam dan sebaiknya diperiksa pada pagi hari (07.00–09.00) sebelum beraktivitas berat (Nugraha, Gilang., Baddrawi, Imaduddin. 2018),

Tabel 2
Nilai rujukan glukosa darah puasa

Tes	Sampel	Normal	Tinggi	Sangat Tinggi
		mg/dL		
GDP	Plasma Vena	70-99	100-125	≥ 126

(Sumber : Perkeni 2021)

3. Glukosa darah 2 jam post prandial

Glukosa darah postprandial yang disebut juga glukosa darah 2 jam *postprandial* (GD2PP) atau *Postprandial Blood Sugar* (PPBS), merupakan pemeriksaan kadar glukosa darah yang dilakukan dua jam setelah makan. Pemeriksaan ini umumnya digunakan untuk menilai respons tubuh terhadap asupan makanan yang mengandung karbohidrat. Selain itu, tes GD2PP juga dimanfaatkan dalam penegakan diagnosis diabetes, terutama bila dilakukan bersamaan dengan pemeriksaan glukosa darah puasa (Nugraha, Gilang., Baddrawi, Imaduddin., 2018)

Persiapan pada tahap pra-analitik pemeriksaan glukosa darah 2 jam postprandial pada dasarnya hampir sama dengan pemeriksaan glukosa darah puasa, yaitu pasien diminta menjalani puasa serta menghentikan sementara penggunaan obat antidiabetes maupun insulin. Setelah menjalani puasa selama 10–12 jam, pasien dianjurkan mengonsumsi makanan yang cukup dengan kandungan karbohidrat tinggi. Sampel darah kemudian diambil dua jam setelah pasien selesai makan untuk dilakukan pemeriksaan glukosa darah 2 jam postprandial (Nugraha, Gilang., Baddrawi, Imaduddin. 2018).

Tabel 3
Nilai rujukan glukosa darah 2 jam post prandial

Tes	Sampel	Normal	Tinggi	Sangat Tinggi
		mg/dL		
GD2PP	Plasma Vena	70-139	140-199	≥ 200

(Sumber : Perkeni 2021)

4. Test toleransi glukosa oral

Menurut Nugraha, Gilang., Baddrawi, Imaduddin. (2018), Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) atau *Oral Glucose Tolerance Test* (OGTT) merupakan pemeriksaan kadar glukosa darah yang dilakukan setelah pemberian beban glukosa sebanyak 75 gram yang dilarutkan dalam 100 mL air, kemudian kadar glukosa diukur pada interval waktu setengah jam, satu jam, dan dua jam setelah konsumsi larutan tersebut. Pemeriksaan ini digunakan untuk membantu menegaskan diagnosis diabetes melitus pada individu dengan hasil glukosa darah puasa (GDP) dan glukosa darah 2 jam postprandial (GD2PP) yang belum memberikan kepastian diagnosis tetapi memiliki dugaan atau faktor risiko diabetes melitus.

TTGO umumnya dilakukan pada individu dengan hasil pemeriksaan glukosa darah yang berada pada kategori normal tinggi atau sedikit meningkat, memiliki riwayat keluarga dengan diabetes, ibu yang pernah melahirkan bayi dengan berat badan lebih dari 5 kilogram, pasien pascaoperasi atau setelah mengalami trauma berat, serta individu dengan obesitas. Pemeriksaan ini tidak dianjurkan pada pasien dengan kadar glukosa darah puasa melebihi 200 mg/dL (Nugraha, Gilang., Baddrawi, Imaduddin.2018).

D. *Point of Care Testing* (POCT)

Pemeriksaan glukosa menggunakan metode *Point of Care Testing* (POCT) mulai dikembangkan di Amerika Utara pada sekitar tahun 1980 melalui penggunaan dua jenis alat, yaitu *Glucometer* (Bayer) dan *Accu-Check meter* (Roche). Pada umumnya, alat POCT bekerja berdasarkan prinsip biosensor yang memanfaatkan sinyal listrik hasil reaksi kimia antara komponen darah dan reagen kering pada strip pemeriksaan. Sinyal listrik tersebut selanjutnya diukur dan

diubah menjadi nilai numerik yang menggambarkan kadar zat tertentu dalam darah. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemeriksaan glukosa darah dengan glukometer memiliki tingkat ketepatan yang cukup baik dengan sensitivitas sekitar 70% dan spesifisitas mencapai 90% (Kementerian Kesehatan 2010).

Pemeriksaan glukosa dalam kegiatan skrining dapat dilakukan menggunakan alat *Point of Care Testing* (POCT). Menurut Faatih (2017), alat POCT dirancang agar sesuai digunakan di wilayah yang memiliki akses terbatas terhadap laboratorium pemeriksaan, fasilitas kesehatan tanpa layanan pemeriksaan sel darah, unit donor darah, maupun praktik dokter umum. Penggunaan POCT dipertimbangkan berdasarkan beberapa aspek, seperti lokasi laboratorium yang jauh, kebutuhan memperoleh hasil secara cepat sehingga tindakan medis dapat segera diberikan, mempersingkat waktu tunggu hasil pemeriksaan, meminimalkan kesalahan pada tahap pra-analitik dan pasca-analitik, serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pemeriksaan.

1. Kelebihan *point of care testing* (POCT)

POCT memiliki beberapa keunggulan, di antaranya alat yang praktis, mudah digunakan, dan efisien dalam proses pemeriksaan. Metode ini hanya memerlukan volume sampel yang sedikit serta dapat meminimalkan, bahkan menghilangkan, beberapa tahapan pra-analitik sehingga risiko kesalahan pada tahap tersebut dapat berkurang. Selain itu, hasil pemeriksaan dapat diperoleh dalam waktu singkat sehingga mendukung pengambilan keputusan medis secara lebih cepat. Penggunaan POCT juga mampu mengurangi durasi kunjungan pasien rawat jalan,

sehingga pemanfaatan waktu menjadi lebih efisien dan kinerja tenaga kesehatan dapat lebih optimal (R. Gandasoebrata 2013).

2. Kekurangan *point of care testing* (POCT)

Kekurangan alat POCT terletak pada jenis pemeriksaan yang masih relatif terbatas. Menurut Futrell dan Ascp (2015), tingkat akurasi hasil pemeriksaan POCT juga belum sepenuhnya menyamai pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium klinik. Selain itu, pelaksanaan *Quality Control* (QC) pada POCT dinilai belum optimal. Sistem dokumentasi hasil pemeriksaan pun masih memiliki kekurangan karena sebagian alat belum dilengkapi dengan identifikasi pasien, printer, maupun integrasi dengan *Laboratory Information System* (LIS). Walaupun POCT mampu memberikan hasil pemeriksaan secara cepat sehingga mendukung pengambilan keputusan klinis dengan segera, potensi terjadinya kesalahan masih sering menimbulkan keraguan terhadap reliabilitas hasil yang diperoleh. Berbeda dengan laboratorium klinik pusat yang umumnya mengalami kesalahan pada tahap pra-analitik dan pasca-analitik, kesalahan pada POCT dapat dipengaruhi oleh kurangnya pengetahuan atau pelatihan tenaga non-laboratorium yang menjalankan pemeriksaan, keterbatasan prosedur pengujian, serta kemungkinan terjadinya penyalahgunaan alat. Selain itu, kondisi pelaksanaan POCT cenderung lebih bervariasi dibandingkan laboratorium yang memiliki lingkungan kerja terstandar dan terkontrol.

E. Tahapan Pra Analitik, Analitik, dan Pasca Analitik Pemeriksaan

Glukosa Darah Kapiler

Penjaminan mutu internal terdiri atas tiga tahapan, yaitu pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik. Tahap pra-analitik memiliki peranan penting karena berkaitan

dengan kualitas sampel yang akan digunakan pada pemeriksaan selanjutnya. Kesalahan pada tahap ini diperkirakan memberikan kontribusi terbesar, yakni sekitar 60–70% dari keseluruhan kesalahan pemeriksaan laboratorium. Salah satu prosedur yang termasuk dalam tahap pra-analitik adalah pengambilan sampel darah kapiler (Siregar et al. 2018).

1. Pra analitik

a. Persiapan pasien

1) Glukosa darah puasa:

- Pasien harus berpuasa 8-12 jam sebelum menjalani tes
- Semua obat harus dihentikan sementara, kecuali jika ada obat yang perlu diberikan, maka informasi tersebut harus dicantumkan dalam formulir permintaan tes.

2) Glukosa darah 2 jam post prandial:

- Pengambilan sampel darah dilaksanakan 2 jam setelah makan, setelah sebelumnya dilakukan pengambilan darah untuk glukosa darah puasa.

3) Gula darah sewaktu:

- Tidak diperlukan persiapan khusus

b. Persiapan sampel

Pemeriksaan ini tidak memerlukan persiapan khusus sebelumnya. Pengambilan sampel dianjurkan dilakukan pada pagi hari guna meminimalkan variasi kadar glukosa harian karena kadar glukosa darah pada sore hari cenderung lebih rendah dan berpotensi menyebabkan beberapa kasus diabetes melitus tidak teridentifikasi (Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin 2018).

c. Metode tes

Metode enzimatik: *glucose oxidase/ hexokinase*

d. Prinsip tes

Sampel darah kapiler akan terserap ke dalam strip tes, lalu mengalir menuju area pemeriksaan dan bereaksi dengan reagen untuk memulai proses analisis. Enzim glukosa dehidrogenase bersama koenzim yang terdapat pada strip akan mengubah glukosa dalam darah menjadi glukonolakton. Reaksi tersebut menghasilkan arus listrik searah (*direct current/DC*) dalam jumlah aman yang selanjutnya diukur oleh alat untuk menentukan kadar glukosa darah (Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin 2018).

e. Alat dan bahan

Alat:

1. Alat glukosameter

Bahan:

1. Sampel (darah kapiler)
2. Jarum *lancet*
3. Strip glukosa
4. *Alcohol swab*
5. *Handscoon*
6. Tempat penampungan limbah infeksius.

2. Analitik

Cara kerja:

- Alat pengukur glukosa dipersiapkan
- Jarum ditempatkan dalam lancet dan nomor pada lancet dipilih sesuai

ketebalan kulit pasien

- Chip yang digunakan untuk analisis glukosa dimasukkan ke dalam pengukur glukosa pada posisinya (sesuai dengan alat pengukur glukosa)
- Strip tes dimasukkan ke dalam slot sesuai pada alat glukosameter
- Jari tengah atau jari manis pasien dibersihkan dengan *alcohol swab* dan dibiarkan hingga kering
- Darah kapiler diambil dua kali, yaitu dengan dan tanpa hapusan kapas kering dengan lancet yang ditusuk pada jari pasien yang sama.
- Sampel darah kapiler ditempatkan pada strip dengan cara ditempelkan pada area khusus yang berfungsi untuk menyerap darah
- Hasil dari pengukuran kadar glukosa akan muncul di layar
- Strip dikeluarkan dari alat glukosameter
- Jarum dibuang dari lancet.

3. Pasca analitik

Interpretasi:

Tabel 4
Nilai Rujukan Glukosa Darah

Tes	Sampel	Normal	Tinggi	Sangat Tinggi
		mg/dL		
GDS	Plasma Vena	<110	110-119	≥ 200
GDP		70-99	100-125	≥ 126
GD2PP		70-139	140-199	≥ 200

(Sumber : Perkeni 2021)