

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Glukosa

Glukosa adalah monosakarida sederhana yang terdiri dari enam atom karbon, dengan rumus molekul $C_6H_{12}O_6$. Glukosa merupakan hasil akhir dari pencernaan karbohidrat dan merupakan bahan bakar utama bagi sel-sel tubuh. Selain sebagai sumber energi, glukosa juga berperan dalam sintesis molekul penting lainnya seperti glikogen, lemak, dan asam amino. Glukosa diedarkan melalui darah ke seluruh tubuh dan diserap oleh sel untuk menghasilkan energi melalui proses glikolisis. Glikolisis adalah proses pemecahan glukosa menjadi asam piruvat dan ATP yang terjadi di sitoplasma dan dapat berlangsung secara aerob maupun anaerob (Murray, dkk., 2009).

Metabolisme glukosa melalui glikolisis aerob menghasilkan piruvat dan masuk ke mitokondria. Di sini, piruvat akan mengalami reaksi dekarboksilasi oksidatif yang menghasilkan Asetil-KoA, kemudian masuk ke siklus krebs. Sedangkan pada kondisi anaerob, piruvat akan dikonversi menjadi asam laktat dan dikeluarkan ke darah melalui reaksi glukoneogenesis terutama di ginjal dan hati dapat diubah kembali menjadi glukosa. Glukoneogenesis adalah proses perubahan sumber nonkarbohidrat menjadi glukosa, dengan substrat utamanya adalah asam amino glukogenik, asam laktat, gliserol dan propionate. Proses ini terjadi apabila tubuh tidak mendapat asupan karbohidrat dari makanan atau cadangan glikogen tidak mencukupi (Murray, dkk., 2009).

Penyerapan glukosa berlebih akan diubah dalam bentuk glikogen melalui proses glikogenesis dan disimpan di hati dan otot. Glikogen di hati berfungsi sebagai penyimpanan dan mengirim glukosa untuk mempertahankan kadar glukosa darah diantara waktu makan dengan memecah glikogen menjadi glukosa melalui proses glikogenolisis. Setelah 12-18 jam puasa, maka glikogen di hati hampir seluruhnya digunakan. Sedangkan glikogen di otot hanya digunakan untuk sumber penghasil energi bagi otot itu sendiri. Meskipun demikian, piruvat yang terbentuk di otot dapat berubah menjadi alanin dan diserap oleh hati yang kemudian digunakan untuk glukoneogenesis (Murray, dkk., 2009).

Insulin adalah hormon yang diproduksi oleh pankreas dan berfungsi untuk mengantarkan glukosa dari darah ke dalam sel-sel tubuh. Insulin bekerja pada membran sel untuk mempercepat proses penyerapan glukosa dan zat gula lainnya ke dalam sel, terutama pada jaringan otot. Sehingga mempercepat masuknya glukosa ke dalam proses metabolik selanjutnya, baik untuk penyimpanan sebagai glikogen di dalam hati atau otak maupun untuk oksidasi. Di hati, proses masuknya glukosa ke dalam sel hanya sedikit dipengaruhi oleh insulin, dan fungsi utama insulin di hati adalah mengatur pengeluaran glukosa (Baron, 1990).

Hipoglikemia merupakan kondisi di mana konsentrasi glukosa darah rendah (< 70 mg/dl). Hipoglikemia dapat terjadi apabila terjadi kegagalan dalam proses glukoneogenesis atau cadangan glikogen kurang mencukupi (American Diabetes Association, 2023). Selain itu, hipoglikemia dapat berasal dari hiperinsulinemia terapeutik, yaitu peningkatan kadar insulin dalam darah. Kondisi yang

mempengaruhi kejadian tersebut yaitu terapi insulin dan sulfonilurea jika diberikan dengan dosis tinggi atau dengan waktu yang tidak tepat terkait dengan waktu makan; kekurangan glukosa eksogen, seperti ketika makan makanan dengan porsi karbohidrat yang sangat rendah atau selama puasa yang lama; peningkatan sensitivitas insulin karena penurunan berat badan atau aktivitas fisik dan Penurunan ekskresi insulin dalam kondisi seperti gagal ginjal, gagal hati, dan hipotiroidisme. Penurunan konsentrasi glukosa plasma dapat menyebabkan dua respons utama dalam tubuh dalam kondisi normal, yaitu peningkatan produksi glukosa endogen melalui glikogenolisis dan gluconeogenesis dan perubahan perilaku yang mengarah pada rasa lapar dan pencarian makanan (Nakhleh dan Shehadeh, 2021).

Hiperglikemia dapat terjadi akibat kekurangan insulin, penurunan efektivitas kerja insulin atau kombinasi keduanya. Jika jumlah insulin berkurang atau tidak ada, glukosa akan menumpuk dalam darah, menyebabkan peningkatan kadar gula. Gejala hiperglikemia meliputi sering buang air kecil (poliuria), rasa haus yang berlebihan (polidipsia), nafsu makan meningkat (polifagia), kelelahan berat, dan penglihatan yang kabur (Dewi, dkk., 2021).

B. Pemeriksaan Glukosa

Pemeriksaan glukosa darah dilakukan untuk mengetahui kadar gula dalam darah. Terdapat beberapa jenis tes yang digunakan untuk mengukur kadar glukosa darah. Tes glukosa darah yang sering dilakukan yaitu glukosa darah puasa, glukosa

darah sewaktu, glukosa darah *postprandial*, tes toleransi glukosa dan HbA1c (Gunawan, 2024).

1. Glukosa Darah Puasa (GDP)

GDP merupakan tes untuk mengukur kadar glukosa dalam darah pasien yang telah berpuasa. Pasien diharuskan berpuasa selama 10 hingga 12 jam dan pemeriksaan dilakukan sebelum melakukan aktivitas berat. Pasien diabetes yang secara teratur mengonsumsi obat anti-diabetes dan menerima insulin perlu menghentikan sementara penggunaan obat tersebut hingga pengambilan darah untuk pemeriksaan glukosa darah puasa selesai. Tindakan ini harus dilakukan dengan persetujuan dari dokter yang merujuk pasien (Nugraha dan Badrawi, 2018).

Tabel 1. Nilai Normal Pemeriksaan GDP

Dalam Serum atau Plasma	mg/dl
Bayi baru lahir, 1 hari	40-60
Bayi Baru Lahir > 1 hari	50-80
Anak-anak	60-100
Dewasa	74-106
60-90 tahun	82-115
>90 tahun	75-121

Sumber: Nugraha dan Badrawi, 2018

2. Glukosa Darah Sewaktu (GDS)

Pemeriksaan GDS dilakukan tidak hanya sebagai metode skrining untuk diabetes, tetapi juga secara rutin untuk memantau kadar glukosa pada pasien diabetes di rumah. Pemeriksaan ini dilakukan tanpa puasa dan dapat dilakukan kapan saja (Nugraha dan Badrawi, 2018).

3. Glukosa darah postprandial

Pemeriksaan ini biasanya dilakukan untuk mengukur respon pasien terhadap asupan karbohidrat 2 jam setelah makan dan sering disebut juga glukosa darah 2 jam PP. Sama halnya dengan pemeriksaan GDP, pasien diwajibkan puasa serta tidak mengonsumsi obat diabetes dan insulin. Setelah puasa, pasien diharuskan makan kenyang, kemudian 2 jam setelah makan dilakukan pengambilan darah untuk pemeriksaan glukosa 2 jam PP.

4. HbA1c

HbA1c merupakan pemeriksaan yang dilakukan untuk memonitoring penyakit diabetes. Pemeriksaan ini mencerminkan kadar glukosa darah rata-rata dalam waktu 2-3 bulan sebelum dilakukan pemeriksaan. Pemeriksaan ini tidak diperlukan puasa dan tidak dipengaruhi perubahan gaya hidup jangka pendek (American Diabetes Association, 2023).

Pemeriksaan kadar glukosa darah dapat menggunakan sampel seperti *whole blood*, serum dan plasma. Sampel *whole blood* biasanya digunakan untuk pemeriksaan glukosa darah dengan metode *Point of Care Testing* (POCT). Sedangkan serum dan plasma digunakan apabila menggunakan metode enzimatik (Gunawan, 2024). Serum adalah bagian cair dari darah yang tidak mengandung sel darah dan fibrinogen, karena protein darah telah berubah menjadi jaringan fibrin dan menggumpal bersama sel-sel. Serum dapat diperoleh dari sampel darah yang tidak diberi antikoagulan, kemudian dibiarkan membeku dalam waktu 15 hingga 30 menit dan disentrifugasi untuk memisahkan sel-sel darah. Plasma merupakan

campuran dari darah dan antikoagulan. Antikoagulan yang biasa digunakan yaitu Sodium Fluoride (NaF) (Wulandari, dkk., 2024).

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan oleh Wulandari dkk (2024), metode yang dapat digunakan untuk pemeriksaan kadar glukosa darah yaitu metode kimiawi dan enzimatik.

1. Kimiawi

Metode kimiawi adalah teknik pemeriksaan glukosa yang memanfaatkan sifat glukosa yang dapat mereduksi secara non-spesifik, dengan menggunakan bahan indikator yang berubah warna ketika tereduksi. Metode kimiawi diantaranya metode reduktometri dan metode furfural. Metode ini memiliki sensitifitas tinggi, namun tidak spesifik dan menggunakan pereaksi yang bersifat korosif.

2. Enzimatik

Metode enzimatik adalah teknik yang memanfaatkan enzim glukosa sebagai katalisator dalam prosesnya. Pemeriksaan glukosa darah dengan metode enzimatik dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu glukosa oksidase, heksokinase, dan dehidrogenase.

a. GOD-PAP (*Glukosa Oksidase - Para Amino Phenazone*)

GOD-PAP merupakan pemeriksaan glukosa metode enzimatik. Prinsipnya katalisis reaksi oksidasi dari glukosa sehingga berubah menjadi asam glukonat dan hidrogen peroksida yang dapat diukur menggunakan alat fotometer pada panjang gelombang 546 nm. Alat

fotometer menggunakan metode pengukuran *end point* dan kinetik.

Dalam metode end-point, pengukuran hasil dilakukan setelah reaksi mencapai kondisi stabil atau sempurna, sementara metode kinetik memantau dan mengukur kecepatan terjadinya perubahan reaksi dari waktu ke waktu.

b. POCT (*Point Care of Testing*)

POCT adalah metode dengan menggunakan enzim *glucose dehydrogenase*. Metode ini basarkan teknik deteksi elektrokimia. Enzim glukosa dehidrogenase pada strip uji mengubah glukosa dalam sampel darah menjadi glukolakton. Reaksi ini menghasilkan arus listrik yang dapat dideteksi oleh glukometer.

c. Heksokinase

Metode heksosinase menggunakan heksokinase sebagai katalisatornya.

C. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Glukosa

Hasil pemeriksaan kadar glukosa darah puasa dipengaruhi oleh berbagai tahapan dalam proses pemeriksaan, termasuk tahap praanalitik, analitik, dan pascaanalitik. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 43 Tahun 2013 faktor yang mempengaruhi pemeriksaan laboratorium, terutama pemeriksaan kadar glukosa secara laboratoris yaitu

1. Praanalitik

a. Persiapan pasien

Untuk pemeriksaan glukosa puasa diharuskan berpuasa 8-12 jam dan pengambilan spesimen sebaiknya dilakukan di pagi hari, pukul 07.00-09.00

- b. Tidak mengonsumsi obat-obatan, seperti obat antidiabetika
- c. Tidak melakukan aktifitas fisik atau olah raga sebelum pemeriksaan laboratorium
- d. Faktor pada pasien yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan laboratorium seperti diet, konsumsi alkohol dan variasi *circadian rythme*
- e. Penggunaan antikoagulan dan pengawet

Beberapa spesimen memerlukan bahan tambahan berupa bahan pengawet atau antikoagulan. Beberapa contoh penggunaan antikoagulan atau pengawet yang digunakan untuk pemeriksaan glukosa darah NaF 4,5 mg/ml darah.

- f. Teknik

Pengambilan spesimen harus dilakukan dengan teknik yang tepat agar spesimen tersebut mencerminkan kondisi yang sebenarnya. Kesalahan yang dapat terjadi saat pengambilan spesimen yaitu penggunaan torniquet terlalu lama dan terlalu keras sehingga mengakibatkan terjadinya hemokonsentrasi yang mengakibatkan kenaikan kadar glikosa darah akibat glikolisis dan mengocok tabung vakum mengakibatkan hemolisis.

- g. Pemberian identitas pada spesimen
- h. Pembuatan serum

- 1) Darah dibiarkan membeku pada suhu kamar selama 20-30 menit, kemudian disentrifus 3000 rpm selama 5-15 menit
 - 2) Pemisahan serum dilakukan paling lambat dalam waktu 2 jam setelah pengambilan spesimen
 - 3) Serum yang memenuhi syarat harus tidak kelihatan merah dan keruh.
- i. Penyimpanan dan pengiriman spesimen

Spesimen yang sudah diambil harus segera diperiksa, karena stabilitas spesimen dapat berubah. Spesimen yang tidak langsung diperiksa dapat disimpan dengan memperhatikan jenis pemeriksaan, jenis spesimen, antikoagulan dan stabilitasnya. Pengiriman spesimen pemeriksaan kadar glukosa sebaiknya dikirim dalam bentuk serum.

2. Analitik

Dalam tahapan analitik mencakup kalibrasi alat dan gangguan pada pemeriksaan yang tidak sesuai dengan prosedur. Alat kesehatan wajib diuji dan/atau dikalibrasi sebelum jangka waktu 1 (satu) tahun.

3. Pascaanalitik

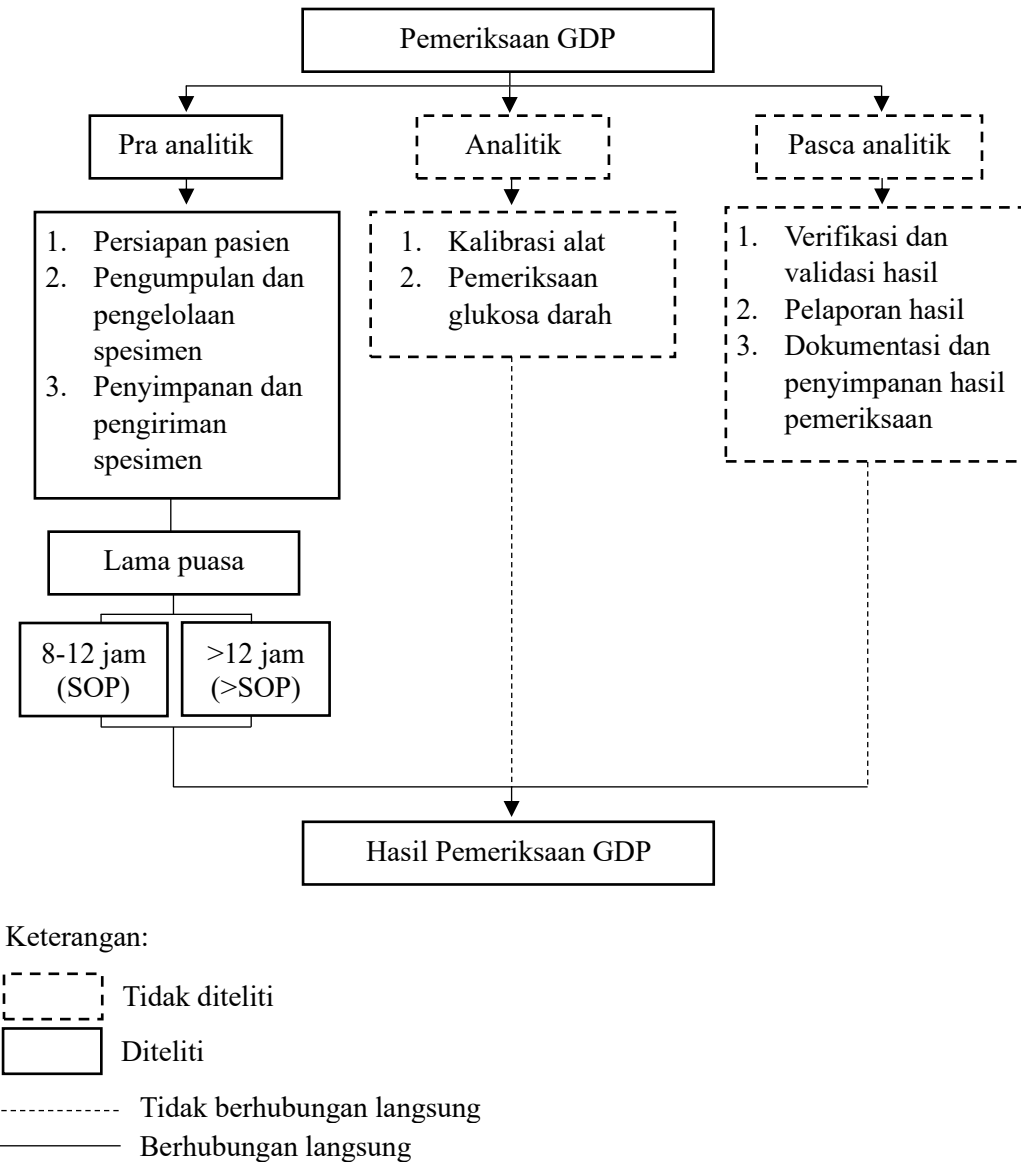
- a. Verifikasi dan validasi hasil dilakukan untuk mencegah kesalahan dalam melakukan kegiatan laboratorium, mulai tahap pra analitik, analitik sampai pasca analitik dan memantapkan kualitas hasil pemeriksaan
- b. Pelaporan hasil pemeriksaan harus memperhatikan penulisan angka, perhitungan, pencantuman nilai normal dan pencantuman keterangan
- c. Dokumentasi dan buku ekspedisi

d. Waktu penyimpanan hasil pemeriksaan

D. Hubungan Puasa dengan Kadar Glukosa Darah

Perubahan metabolik yang terjadi dalam keadaan puasa dan kelaparan merupakan akibat dari keharusan tubuh untuk mempertahankan glukosa dan cadangan terbatas glikogen di hati dan otot untuk digunakan oleh otak dan sel darah merah serta untuk menjamin penyediaan bahan bakar metabolik alternatif untuk jaringan lain. Saat berpuasa terjadi penurunan ringan kadar glukosa. Ketika kadar glukosa menurun, sekresi insulin akan menurun dan otot rangka serta jaringan lemak akan menyerap lebih sedikit glukosa. Peningkatan hormone glucagon akan menghambat pembentukan cadangan glukosa (glikogen) dan memecah glikogen menjadi glukosa. Setelah berpuasa 12-18 jam, cadangan glikogen akan habis dan tubuh beralih pada glukoneogenesis, yaitu pembentukan glukosa dari sumber nonkarbohidrat. Namun, karena glukoneogenesis adalah proses yang lebih lambat, laju produksi glukosa mungkin tidak sepenuhnya mengimbangi laju penggunaannya. Jika tidak segera diganti dapat mengakibatkan hipoglikemia. Meskipun tubuh memiliki mekanisme untuk menghasilkan glukosa, produksi glukosa ini tidak selalu mencukupi untuk mengimbangi penggunaan glukosa oleh sel-sel tubuh (Murray, dkk., 2009).

E. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

F. Kerangka Konsep



Gambar 2. Kerangka Konsep

G. Hipotesis

Ada perbedaan kadar glukosa darah pada lama 8-12 jam dan lama puasa lebih dari 12 jam.