

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Darah, Serum dan Plasma**

##### **1. Darah**

Darah merupakan salah satu jaringan dalam tubuh yang berbentuk cairan berwarna merah. Darah dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lain sehingga dapat menyebar ke berbagai kompartemen tubuh. Penyebaran tersebut harus terkontrol dan harus tetap berada pada satu ruangan agar darah benar-benar dapat menjangkau seluruh jaringan di dalam tubuh melalui suatu sistem yang disebut sistem kardiovaskuler, yang meliputi jantung dan pembuluh darah, dengan sistem tersebut darah dapat diakomodasikan secara teratur dan diedarkan menuju organ dan jaringan yang tersebar diseluruh tubuh. Darah didistribusikan melalui pembuluh darah dari jantung keseluruh tubuh dan akan kembali lagi menuju jantung. Sistem ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan sel atau jaringan akan nutrien dari oksigen, serta mentransport sisa metabolisme sel atau jaringan keluar dari tubuh (Nugraha, 2015).

##### **a. Karakteristik darah**

Menurut Desmawati (2013) terdapat beberapa karakteristik umum dari darah yang meliputi:

##### **1) Warna**

Darah arteri berwarna merah muda karena banyak mengandung oksigen yang berkaitan dengan hemoglobin dalam sel darah merah. Darah vena berwarna merah tua atau gelap karena kurang oksigen dibandingkan dengan darah arteri.

1) Viskositas

Darah memiliki viskositas  $\frac{3}{4}$  lebih tinggi dari viskositas air yaitu sekitar 1.048 sampai 1.066.

2) pH

Darah memiliki pH yang bersifat *alkaline* dengan pH 7.35 sampai 7.45

3) Volume

Pada orang dewasa volume darah sekitar 70 sampai 75 ml/kg BB, atau sekitar 4 sampai 5 liter darah.

b. Komponen darah

Darah dibentuk dari dua komponen yaitu komponen selular dan komponen non-selular. Komponen selular sering disebut juga *korpuskuli*, yang membentuk sekitar 45% yang terdiri dari tiga jenis sel yaitu eritrosit, leukosit, dan trombosit. Komponen non-selular berupa cairan yang disebut plasma dan membentuk sekitar 55% bagian dari darah. Plasma darah terdiri dari air, protein, karbohidrat, lipid, asam amino, vitamin, mineral dan lain sebagainya. Komponen tersebut ikut mengalir dalam sirkulasi bersama darah, baik bebas atau diperantarai molekul lain agar dapat terlarut di dalam plasma (Nugraha, 2015).

c. Fungsi darah

Menurut Desmawati (2013) darah memiliki fungsi yang sangat penting berdasarkan kandungan selular dan non-selular yang meliputi:

- 1) Darah berfungsi sebagai transport internal karena darah membawa berbagai macam substansi untuk fungsi metabolisme.
- 2) Proteksi tubuh terhadap bahaya mikroorganisme, yang merupakan fungsi dari sel darah putih.

- 3) Proteksi terhadap cedera dan perdarahan. Dimana pencegahan dari perdarahan merupakan fungsi dari trombosit karena adanya faktor pembekuan.
- 4) Mempertahankan temperatur tubuh karena darah membawa panas dan bersirkulasi ke seluruh tubuh.

## **2. Serum**

Serum adalah bagian cair darah yang tidak mengandung sel-sel darah dan faktor-faktor pembekuan darah. Protein-protein koagulasi lainnya dan protein yang tidak terkait dengan hemostasis, tetap berada dalam serum dengan kadar serupa dalam plasma. Apabila proses koagulasi berlangsung secara abnormal, serum mungkin mengandung sisa fibrinogen dan produk pemecahan fibrinogen atau protrombin yang belum di konevensi (Sacher dan McPerson, 2012).

Serum diperoleh dari spesimen darah yang tidak ditambahkan antikoagulan dengan cara memisahkan darah menjadi 2 bagian dengan menggunakan sentrifuge, setelah darah didiamkan hingga membeku kurang lebih 15 menit (Nugraha, 2015). Setelah disentrifugasi akan tampak gumpalan darah yang bentuknya tidak beraturan dan bila penggumpalan berlangsung sempurna, gumpalan darah tersebut akan terlepas atau dengan mudah dapat dilepaskan dari dinding tabung. Selain itu akan tampak pula bagian cair dari darah. Bagian ini, karena sudah terpisah dari gumpalan darah maka tidak lagi berwarna merah keruh akan tetapi berwarna kuning jernih. Gumpalan darah tersebut terdiri atas seluruh unsur figuratif darah yang telah mengalami proses penggumpalan atau koagulasi spontan, sehingga terpisah dari unsur larutan yang berwarna kuning jernih (Sadikin, 2014).

### 3. Plasma

Plasma adalah bagian cair dari darah yang tidak mengandung sel-sel darah tetapi masih mengandung faktor-faktor pembekuan darah. Plasma diperoleh dengan cara memisahkan sel-sel darah dari darah (*whole blood*) dengan cara sentrifugasi. Plasma yang terbentuk memiliki komposisi faktor pembekuan yang berbeda sesuai dengan jenis antikoagulan yang ditambahkan (Nugraha, 2015).

Terdapat perbedaan yang jelas antara serum dan plasma. Plasma mencegah proses penggumpalan darah sedangkan serum membiarkan terjadinya proses penggumpalan darah. Plasma mengandung senyawa fibrinogen yaitu suatu protein darah yang berubah menjadi jaring dari serat-serat fibrin pada peristiwa penggumpalan, dimana senyawa tersebut sudah tidak ada lagi dalam serum. Di dalam plasma fibrinogen tidak dapat berubah menjadi fibrin karena adanya antikoagulan yang ditambahkan. Dalam pembuatan serum, sel-sel darah menggumpal secara baur dan terjebak dalam suatu anyaman yang luas dan kontraktif dari jaringan serat-serat fibrin. Sel-sel ini tidak dapat lagi terlihat secara terpisah-pisah melalui mikroskop. Sebaliknya, dalam pembuatan plasma, sel-sel darah terendapkan dengan jelas di dasar tabung, seperti pengendapan suspensi partikel lain. Bahkan dengan jelas sekali pengendapan sel-sel darah pada pembuatan plasma tersebut menghasilkan pemisahan sel berdasarkan massa jenis menjadi 2 bagian. Sel-sel darah terpisah menjadi lapisan sel darah merah yang merupakan lapisan yang tebal yang dapat mencapai hampir separuh volume darah. Selain itu ada pula lapisan yang tipis dan putih di atas lapisan sel darah merah yang terdiri atas sel-sel leukosit dan sejumlah trombosit (Sadikin, 2014).

Perbedaan mendasar antara serum dan plasma disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa sel-sel yang terpisah dalam proses pembuatan plasma atau serum berada dalam keadaan yang berbeda. Plasma memisahkan sel darah dalam bentuk endapan sel utuh, yang dapat disuspensikan kembali dan digunakan untuk berbagai tujuan. Sebaliknya, sel-sel yang terjebak dalam anyaman serat-serat fibrin ketika serat-serat ini membentuk ikatan lintas serat dalam rangka menyusun anyaman fibrin. Sel-sel darah yang menggumpal dalam pembentukan serum tidak dapat dipergunakan lagi untuk berbagai tujuan (Sadikin, 2014).

Tabel 1. Perbedaan Antara Serum dengan Plasma

<b>Perbedaan</b>	<b>Plasma</b>	<b>Serum</b>
Antikoagulan	Perlu	Tidak perlu
Fibrinogen	Masih ada	Tidak ada
Serat Fibrin	Tidak ada	Ada dalam gumpalan
Pemisahan sel	Pemusingan	Penggumpalan spontan
Komposisi	Air, albumin, globulin, asam amino, hormon, enzim, limbah nitrogen, nutrisi, gas, dan fibrinogen	Air, albumin, globulin, asam amino, hormon, enzim, limbah nitrogen, nutrisi, dan gas

*Sumber: Sadikin. Biokimia Darah, 2014*

## **B. Glukosa Darah**

Glukosa merupakan bentuk karbohidrat yang paling penting dan merupakan karbohidrat dalam makanan yang diserap dalam jumlah besar ke dalam darah serta dikonversikan di dalam hati. Glukosa dalam tubuh dipecah untuk menyediakan energi pada sel atau jaringan dan dapat disimpan sebagai energi dalam sel sebagai glikogen. Glukosa terbentuk dari karbohidrat dalam

makanan dan disimpan sebagai glikogen di hati dan otot rangka. Kadar glukosa darah dapat dipengaruhi oleh dua hormon yang berasal dari pankreas yaitu insulin dan glukagon. Insulin diperlukan untuk permeabilitas membran sel terhadap glukosa dan untuk transportasi glukosa ke dalam sel. Tanpa insulin, glukosa tidak dapat memasuki sel. Glukagon menstimulasi glikogenolisis (pengubahan glikogen cadangan menjadi glukosa) dalam hati. Penurunan kadar glukosa darah (hipoglikemia) terjadi akibat asupan makanan dengan gizi yang tidak seimbang atau darah terlalu banyak mengandung insulin. Jika terjadi peningkatan kadar gula darah (hiperglikemia), berarti insulin yang beredar tidak mencukupi, kondisi ini disebut sebagai diabetes melitus. Kadar gula darah puasa yang mencapai >125 mg/dL biasanya menjadi indikasi terjadinya diabetes, dan untuk memastikan diagnosis saat gula darah mencapai kadar tepat di garis normal atau agak di atasnya, harus dilakukan uji gula darah postprandial, dan atau uji toleransi glukosa (Kee, 2013).

Menurut Panil (2008) sumber-sumber glukosa dalam darah adalah:

1. Usus

Gula darah akan meningkat setelah makan (sumber peningkatan tersebut berasal dari usus), tapi akan normal kembali setelah  $\pm$  2 jam.

2. Glikogen

Glikogen merupakan cadangan karbohidrat dalam tubuh yang dengan cepat dapat dimobilisasi jika kadar gula darah mulai menurun dalam sirkulasi, terutama untuk kepentingan energi tubuh pada waktu lapar.

### 3. Asam lemak

Lemak merupakan cadangan energi berikutnya setelah glikogen. Hasil proses lipolisis lemak kemudian akan masuk ke jalur glukoneogenesis yang akhirnya menjadi glukosa.

### 4. Protein

Protein digunakan untuk keperluan energi pada tahap kelaparan yang telah lanjut. Melalui proses deaminasi asam amino akan terbentuk glukosa, baik asam amino ketogenik ataupun glukogenik.

Menurut Khoirul (2013) terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar glukosa darah antara lain adalah

#### 1. Olahraga

Olahraga secara teratur dapat mengurangi resisten insulin sehingga insulin dapat dipergunakan lebih baik oleh sel-sel tubuh. Olah raga juga dapat digunakan sebagai usaha untuk membakar lemak dalam tubuh sehingga dapat mengurangi berat badan bagi orang obesitas.

#### 2. Asupan makanan

Asupan makanan terutama melalui makanan berenergi tinggi atau kaya karbohidrat dan serat yang rendah dapat mengganggu stimulasi sel-sel beta pankreas dalam memproduksi insulin. Asupan lemak di dalam tubuh juga perlu diperhatikan karena sangat berpengaruh terhadap kepekaan insulin.

#### 3. Stress

Interaksi antara pituitari, adrenal gland, pankreas dan liver sering terganggu akibat stress dan penggunaan obat-obatan. Kurang tidur bisa memicu

produksi hormon kortisol, menurunkan tolerans glukosa, dan mengurangi hormon tiroid. Semua itu menyebabkan resistensi insulin dan memperburuk metabolisme.

#### 4. Usia

Usia merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kadar glukosa darah, dimana semakin bertambah usia perubahan fisik dan penurunan fungsi tubuh akan mempengaruhi konsumsi dan penyerapan zat gizi (Khoirul, 2013), sedangkan faktor ke 5 adalah hormon menurut Sacher dan McPerson (2012)

#### 5. Hormon

Hormon-hormon yang dapat memengaruhi kadar glukosa darah diantaranya, hormon pertumbuhan, hormon insulin, hormon somatostatin, hormon glukagon, hormon epinefrin, hormon kortisol, hormon ACTH, dan hormon tiroksin (Sacher dan McPerson, 2012).

### **C. Metabolisme Glukosa**

Glukosa adalah prekursor untuk sintesis bermacam-macam gula lain yang diperlukan untuk pembentukan senyawa khusus, misalnya laktosa, antigen permukaan sel, nukleotida atau glikosaminoglikan. Glukosa juga merupakan prekursor pokok bagi senyawa nonkarbohidrat; glukosa dapat diubah menjadi lemak (termasuk asam lemak, kolesterol, dan hormon steroid), asam amino dan asam nukleat. Dalam tubuh manusia hanya senyawa-senyawa yang disintesis dari vitamin, asam amino esensial, dan asam lemak esensial yang dapat disintesis dari glukosa ( Marks, Marks dan Smith, 2012).

Karbohidrat yang berada dalam makanan berupa polimer heksana yaitu glukosa, galaktosa dan fruktosa. Dalam keadaan normal glukosa di fosforilasi



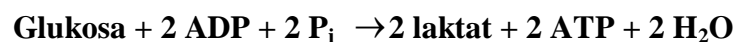
menjadi glukosa-6-fosfat. Enzim yang mengkatalisis adalah heksokinase, kadarnya meningkat oleh insulin dan menurun pada keadaan kelaparan dan diabetes. Sedangkan glukosa dapat disimpan di hati atau otot sebagai glikogen. Glikogen bekerja saat aktivitas otot dan glukosa darah terisi sesuai kebutuhan (Wulandari, 2016).

Metabolisme glukosa menghasilkan asam piruvat, asam laktat, dan asetil koenzim A (asetil-KoA) yang dapat menghasilkan energi. Metabolisme glukosa juga secara signifikan dikontrol oleh hati. Simpanan glikogen di hati merupakan sumber glukosa untuk mempertahankan kadar glukosa normal dalam darah. Selain itu, di hati terjadi glukoneogenesis, karena glikogen terbentuk dari sumber-sumber nonkarbohidrat seperti asam amino atau asam lemak. Hal ini terjadi pada keadaan rendahnya asupan karbohidrat, diabetes melitus, atau kelaparan. Pada kasus kerusakan hati yang berat, dapat terjadi hipoglikemia karena ketidakmampuan jaringan hati yang tersisa untuk membentuk glukosa (Sacher dan McPerson, 2012). Glukosa dapat disimpan di hati atau otot sebagai glikogen, suatu polimer yang terdiri dari banyak residu glukosa dalam bentuk yang dapat dibebaskan dan dimetabolisme sebagai glukosa. Karena besarnya volume dan kandungan enzim untuk berbagai konversi metabolik, hati berperan dalam mendistribusikan glukosa untuk menghasilkan energi. Sebagian besar energi untuk fungsi sel dan jaringan berasal dari glukosa (Wulandari, 2016).

#### **D. Glikolisis**

Glikolisis merupakan rute utama metabolisme glukosa dan juga jalur utama untuk metabolisme fruktosa, galaktosa, dan karbohidrat lainnya yang

berasal dari makanan. Kemampuan glikolisis untuk menghasilkan ATP tanpa oksigen merupakan hal yang sangat penting karena hal ini memungkinkan otot rangka bekerja keras ketika pasokan oksigen terbatas, dan memungkinkan jaringan bertahan hidup ketika mengalami anoksia. Diketahui jika suatu otot berkontraksi dalam medium anaerob, yaitu medium dengan oksigen yang telah dikeluarkan, glikogen akan lenyap dan muncul laktat. Jika oksigen dimasukkan, terjadi pemulihan anaerob dan laktat kemudian lenyap. Namun, jika kontraksi berlangsung dalam kondisi aerob, penimbunan laktat tidak terjadi dan piruvat adalah produk akhir utama glikolisis. Piruvat dioksidasi lebih lanjut menjadi CO<sub>2</sub> dan air, jika pasokan oksigen berkurang, reoksidasi NADH di mitokondria yang terbentuk selama glikolisis terhambat dan NADH direoksidasi dengan mereduksi piruvat menjadi laktat sehingga glikolisis dapat berlanjut (Murray, Granner, dan Rodwell, 2013). Reaksi glikolisis dari glukosa menjadi laktat adalah sebagai berikut:



### **E. Antikoagulan**

Antikoagulan adalah zat yang ditambahkan ke dalam darah dengan tujuan untuk menghambat atau mencegah proses pembekuan darah dengan cara mengikat atau mengendapkan ion kalsium dan menghambat pembentukan trombin dari protombin. Dengan pemberian antikoagulan, maka akan didapatkan spesimen atau sampel darah atau didapatkan plasma yang diperoleh dari sentrifugasi. Antikoagulan diberikan berdasarkan keperluan pemeriksaan karena sifat dari zat aditif yang ditambahkan memiliki pengaruh yang berbeda terhadap spesimen

darah (Nugraha, 2015). Ada beberapa jenis antikoagulan yang sering digunakan dalam pemeriksaan laboratorium, yaitu:

### **1. EDTA (*Ethylendiaminet etraacetic Acid*)**

*Ethylen Diamine Tetraacetic Acid* adalah antikoagulan yang sering digunakan dalam pemeriksaan hematologi. EDTA tersedia dalam bentuk kering yaitu garam di-kalium ( $K_2EDTA$ ) dan garam di-natrium ( $Na_2EDTA$ ) atau bentuk cair yaitu tri-kalsium ( $K_3EDTA$ ). EDTA mencegah koagulasi dengan cara mengikat ion kalsium sehingga terbentuk garam kalsium yang berperan dalam koagulasi menjadi tidak aktif, mengakibatkan tidak terjadinya proses pembekuan darah (Nugraha, 2015).

### **2. Natrium sitrat**

Natrium sitrat atau *trisodium citrate dihidrat* yang biasa digunakan dengan konsentrasi 3,2 dan 3,8%. Antikoagulan dengan konsentrasi 3,2% yang direkomendasikan untuk pengujian koagulasi dan agregasi trombosit (Nugraha, 2015).

### **3. Heparin**

Heparin merupakan antikoagulan yang jarang digunakan dalam pemeriksaan hematologi karena harganya yang relatif mahal, tetapi menjadi antikoagulan pilihan karena tidak mengubah komposisi darah (Nugraha, 2015).

### **4. Oksalat dan natrium flourida**

Oksalat bekerja sebagai antikoagulan dengan cara mengikat ion kalsium, umumnya bersifat toksik dan berbahaya. Kalium oksalat, natrium oksalat dan amonium oksalat yang paling umum digunakan dalam laboratorium adalah kalium

oksalat yang dikombinasikan dengan natrium florida (NaF) untuk pemeriksaan glukosa dalam darah (Nugraha, 2015).

Oksalat bekerja dengan mengikat kalsium darah, mengeluarkan ion kalsium dari darah, sehingga menghambat polimerisasi monomer fibrin, sehingga serat silang berikutnya tidak dapat terbentuk dan mengikat eritrosit. Oksalat juga bertindak dengan menghambat trombin, yaitu dengan menonaktifkan ion natrium ( $\text{Na}^+$ ). Trombin adalah  $\text{Na}^+$  yang diaktifkan serin protease alosterik. Pengikatan  $\text{Na}^+$  di situs alosterik mengubah trombin dari aktivitas yang lambat menjadi bentuk aktivitas cepat. Pengikatan  $\text{Na}^+$  diperlukan untuk perubahan fibrinogen yang optimal. Karena sifat alosterik trombin, efek apapun yang mendestabilisasi ikatan  $\text{Na}^+$ , maka akan menstabilkan dan menghasilkan efek antikoagulan dengan memperpanjang waktu pembekuan melalui pengurangan perubahan fibrinogen (Daud, Hashim and Samsulrizal, 2013).

Natrium florida merupakan komponen kimia anorganik yang berbentuk padat dan tidak berwarna. Struktur natrium florida berupa komponen ionik yaitu  $\text{Na}^+$  dan  $\text{F}^-$ . Natrium florida merupakan antikoagulan yang mencegah terjadinya pembekuan darah karena florida membentuk kompleks dengan kalsium. Selain sebagai antikoagulan NaF juga bersifat sebagai pengawet darah yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan kerja enzim salah satunya yaitu enzim *phosphoenol pyruvat* dan *enolase* (Manela, 2014). Natrium Fluorida adalah antikoagulan lemah yang mengikat ion kalsium dalam fungsinya sebagai antikoagulasi. Tabung untuk plasma NaF, dicirikan dengan tutup berwarna abu-abu dan berisikan natrium florida dan kalium oksalat. Natrium florida lazim digunakan untuk pengukuran kadar glukosa darah karena kemampuannya untuk

menghambat glikolisis. Natrium fluorida bekerja dengan cara ion fluorida menghambat enolase, enzim yang membutuhkan ion magnesium, dengan cara membentuk kompleks molekul antara fosfat inorganik, ion magnesium, dan ion fluorida itu sendiri (Agung, Retnoningrum, dan Edward, 2017).

## **F. Metode Pemeriksaan Kadar Glukosa Darah**

Dalam bidang kedokteran, pemeriksaan gula darah dilakukan dengan metode enzimatik, jika menggunakan enzim glukosa oksidase, hasilnya akan diberikan tiga teknik pemeriksaan gula darah. Berikut ini tiga teknik pemeriksaan gula darah.

### **1. Metode Hagedorn Jensen**

Metode ini merupakan metode kimia non-enzimatik. Metode ini sangat baik digunakan untuk pendidikan (Panil, 2008). Pada metode ini terjadi pengendapan protein darah dengan Zn hidroksid pada suhu 100° C, glukosa dalam filtrat dioksidase oleh larutan kalium ferisianida alkali yang dibuffer pada pH 11,5 yang diberi berlebihan. Dalam reaksi ini terjadi kalium ferisianida, yang akan diikat oleh Zn sulfat. Kelebihan kalium ferisianida dititrasi secara iodimetrik. Dari banyaknya ferisianida yang digunakan untuk mengoksidasi glukosa, dapat diketahui banyaknya glukosa yang ada. Banyaknya ferisianida dapat diketahui dari banyaknya natrium tiosulfat pada titrasi iodimetrik ini (Firgiansyah, 2016).

### **2. Metode Ortho Tuloidin**

Metode ini merupakan metode kimia yang menggunakan teknik kolorimetri dengan 630 nm (Panil, 2008). Pada metode ini glukosa bereaksi

dengan ortho tuloidin dalam acetic acid panas dan menghasilkan senyawa berwarna hijau yang dapat ditentukan secara fotometris (Firgiansyah, 2016).

### **3. Metode glukosa oksidasi PAP**

Metode ini merupakan metode yang paling akurat, tapi untuk pendidikan membutuhkan biaya yang lebih tinggi (Panil, 2008). Prinsip dari metode ini yaitu glukosa dioksidasi (GOD) menjadi D-glukonat oleh glukosa oksidase bersama dengan hidrogen peroksidase. Adanya peroksidase, campuran fenol, dan 4-aminoantipirin akan dioksidasi oleh hidrogen peroksidase menghasilkan warna merah quinoneimina yang sebanding dengan konsentrasi glukosa dalam sampel (Kurniawan, 2015). Pemeriksaan glukosa darah metode GOD-PAP memiliki banyak kelebihan yaitu: presisi tinggi, akurasi tinggi, spesifik, relatif bebas dari gangguan (kadar hematokrit, vitamin C, lipid, volume sampel dan suhu) (Santoso, 2015), selain itu waktu yang diperlukan untuk pemeriksaan lebih singkat dan juga karena interferensi yang terjadi pada analisis titik akhir dapat diatasi dengan pengukuran laju reaksi oleh sebab itu maka pemeriksaan menggunakan metode ini banyak digunakan di setiap laboratorium (Sacher dan McPerson, 2012).

### **G. Pengukuran Kadar Glukosa Darah**

Ada beberapa pemeriksaan yang dapat digunakan untuk mengukur kadar glukosa darah, yaitu:

#### **1. Glukosa darah sewaktu**

Merupakan uji kadar glukosa yang dapat dilakukan sewaktu-waktu, tanpa harus puasa karbohidrat terlebih dahulu atau mempertimbangkan asupan makanan

terakhir. Tes glukosa darah sewaktu biasanya digunakan sebagai tes skrining untuk penyakit Diabetes Mellitus. Kadar glukosa sewaktu normal adalah kurang dari 110 mg/dL (Wulandari, 2016).

## **2. Glukosa darah puasa**

Merupakan uji kadar glukosa darah pada pasien yang melakukan puasa selama 10-12 jam. Kadar glukosa ini dapat menunjukkan keadaan keseimbangan glukosa secara keseluruhan atau homeostatis glukosa. dan pengukuran rutin sebaiknya di lakukan pada sampel glukosa puasa. Kadar glukosa puasa normal adalah antara 70-110 mg/dL (Wulandari, 2016).

## **3. Glukosa 2 jam post prandial**

Merupakan uji gula darah 2 jam post prandial yang biasanya dilakukan untuk mengukur respon pasien terhadap asupan tinggi karbohidrat 2 jam setelah makan (sarapan pagi atau makan siang). Uji ini dilakukan untuk pemindaian terhadap diabetes, normalnya dianjurkan jika kadar gula darah puasa normal tinggi atau sedikit meningkat. Glukosa serum  $>140$  mg/dL atau kadar glukosa darah lebih besar dari 120 mg/dL merupakan kadar yang abnormal, bila demikian maka diperlukan uji yang lebih lanjut (Kee, 2014).

## **4. Test toleransi glukosa oral (TTGO)**

Uji toleransi glukosa dilakukan untuk mendiagnosis diabetes melitus pada seseorang yang memiliki kadar gula darah dalam batas normal-tinggi atau sedikit meningkat. Uji ini dapat diindikasikan jika terdapat riwayat diabetes dalam keluarga, pada ibu yang memiliki bayi dengan berat badan 5 kg atau lebih, pada orang yang melakukan pembedahan atau cedera mayor, dan pada orang yang memiliki masalah kegemukan. Uji ini tidak boleh dilakukan jika kadar gula darah

puasa >200 mg/dL. Setelah usia 60 tahun, kadar gula darah biasanya berkisar 10 sampai 30 mg/dL lebih tinggi daripada rentang normal. Kadar glukosa puncak untuk tes toleransi glukosa oral yakni  $1/2$  sampai 1 jam setelah konsumsi 100 gr glukosa, dan kadar gula darah harus kembali ke rentang normal dalam waktu 3 jam (Kee, 2014).

### **5. Glukosa-6-phosphate dehidrogenase (G6PD)**

Glukosa-6-Phosphate Dehidrogenase (G6PD) adalah enzim dalam sel darah merah. G6PD biasanya membantu penggunaan glukosa dalam sel darah merah, penggunaan zat oksidatif, dan melindungi integritas sel darah merah dari cedera. Defisit G6PD merupakan kelainan genetik tertaut-seks yang dibawa oleh kromosom (X) wanita, yang akan dalam hubungannya dengan infeksi, penyakit dan obat, membuat seseorang rentan menghadapi anemia hemolitik. Pada defisiensi enzim G6PD tingkat sedang, tidak terdapat abnormalitas sel darah merah yang dapat dideteksi dengan jelas, kecuali dapat ditemukan keadaan penurunan rentang hidup sel darah merah. Metabolit yang berasal dari obat tertentu memiliki sifat mengoksidasi sel darah merah, yang akan menyebabkan peningkatan kebutuhan G6PD untuk metabolisme glukosa. Kurangnya enzim ini menyebabkan hemolisis (destruksi sel darah merah) dan anemia hemolitik jika ditambah dengan pemberian obat oksidatif (Kee, 2014).

### **6. Tes HbA1C**

Hemoglobin A1 (HbA1) adalah derivat *adult hemoglobin* (HbA), dengan penambahan monosakarida (fruktosa atau glukosa). Kadar HbA1C normal adalah 3,5%-5%. Kadar rata-rata glukosa darah 30 hari sebelumnya merupakan kontributor utama HbA1C. Hubungan langsung antara HbA1C dan rata-rata



glukosa darah terjadi karena eritrosit terus menerus terglukasi selama 120 hari masa hidupnya dan laju pembentukan glikohemoglobin setara dengan konsentrasi glukosa darah. Pengukuran HbA1C penting untuk kontrol jangka panjang status glikemi pada pasien diabetes. Hemoglobin A1C merupakan baku emas untuk penilaian homeostasis glukosa, adalah integrasi variasi glukosa puasa dan postprandial selama periode 3 bulan (Paputungan, 2014).