

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Tentang Glukosa Darah**

##### **1. Pengertian Glukosa Darah**

Glukosa darah yang terbuat dari karbohidrat yang diabsorpsi oleh makanan, dengan menyimpan di hati dan otot rangka dalam bentuk glikogen dapat disebut dengan glukosa darah. Dalam ilmu kedokteran, kadar glukosa darah dilihat pada istilah tingkat glukosa darah. Pada glukosa darah digunakan untuk menentukan mendiagnosis diabetes mellitus (DM). adapun pemeriksaan yang sering digunakan yaitu pemeriksaan enzimatik dengan pengambilan sampel darah vena, sedangkan untuk memantau hasil pemeriksaan dengan pemeriksaan glukosa darah kapiler menggunakan glukometer (Pratiwi, 2019).

Kadar glukosa darah dalam tubuh manusia diatur secara ketat. Sel-sel tubuh manusia mendapatkan energi sebagian besar dari glukosa darah, yang mengalir melalui sirkulasi. Nilai normalnya yaitu kurang dari 200 mg/dl. Pagi hari sebelum makan juga mempengaruhi rendahnya nilai pemeriksaan, nilainya meningkat setelah makan. Kadar glukosa darah rendah yaitu (<70mg/dl), dikenal sebagai hipoglikemia. Sebaliknya, kadar glukosa darah yang tinggi (>110 mg/dl) mendefinisikan hiperglikemia (Endiyas dkk, 2019).

Mekanisme di mana tubuh mengontrol kadar glukosa darah dikenal sebagai homeostasis glukosa. Mekanisme homeostasis ini berfungsi untuk melindungi tubuh dari terlalu sedikit atau terlalu banyak glukosa darah, yang dapat menyebabkan penyakit. Oleh karena itu, tubuh kita harus mengontrol kadar glukosa darah melalui hormon homeostatis metabolik (hormon glukagon dan insulin). Biasanya unsur-unsur yang mengganggu homeostasis termasuk stres, obesitas, kekurangan gizi, dan penyakit ginekologi (Suhandi dkk, 2020).

## 2. Metabolisme Glukosa

Glukosa adalah karbohidrat utama yang digunakan tubuh untuk menyediakan energi bagi sel-sel tubuh. Hal ini benar karena glukosa dihasilkan dari semua jenis karbohidrat yang biasa dikonsumsi manusia, termasuk monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Oleh karena itu, glukosa akan menjadi salah satu molekul terpenting yang terlibat dalam sintesis energi di dalam tubuh (Herawati, 2017).

Glukosa yang dicerna oleh dinding usus akan mengalir ke sirkulasi dan hati, di mana glukosa tersebut disaring menjadi glikogen. Glikogen kemudian dioksidasi menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, yang kemudian diterima oleh sel-sel tubuh. Selanjutnya yang bertanggung jawab untuk mengatur kadar glukosa darah adalah hormon insulin. Ketika hormon insulin tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan tubuh, maka glukosa terakumulasi dalam darah di bawah pola peredaran darah dan kadar glukosa meningkat. Jika kadar glukosa darah mendekati kadar ginjal maka glukosa darah akan dikeluarkan melalui urin (Nurchasanah, 2019).

## 3. Metode Pemeriksaan Glukosa Darah

Pemeriksaan glukosa darah dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan metode *Glukosa Oksidase-Phenol Aminophenazone* (GOD-PAP) dan *point of care testing* (POCT).

### a) Metode *Glukosa Oksidase-Phenol Aminophenazone* (GOD-PAP)

Metode *Glukosa Oksidase-Phenol Aminophenazone* (GOD-PAP) merupakan metode pemeriksaan kadar glukosa darah paling akurat. Pemeriksaan glukosa metode ini memiliki banyak kelebihan antara lain, presisi tinggi, akurasi tinggi dan spesifik, relatif bebas dari gangguan (suhu, lipid, vitamin C, kadar hematokrit dan volume spesimen) oleh sebab itu metode pemeriksaan ini banyak digunakan dalam suatu laboratorium. Dalam metode GOD-PAP menggunakan alat dalam pemeriksaannya yaitu fotometer (Santoso, 2015).

b) Metode *Point Of Care Testing* (POCT)

Metode *Point Of Care Testing* (POCT) adalah salah satu alat pemeriksaan berguna untuk mengetahui kadar glukosa dalam darah dimana untuk memonitoring atau memantau tingkat kadar glukosa darah. POCT biasanya digunakan di laboratorium, IGD, instalasi rawat inap maupun digunakan secara mandiri. Setetes darah yang diperoleh dari darah kapiler diletakkan pada tes strip glukosa. Kelebihan alat ini adalah bisa dilakukan secara mandiri, sehingga kadar glukosa dalam darah dapat diketahui dan dipantau dengan cepat. Hanya 0,8  $\mu$ l sampel yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang akurat dalam 5 detik. Pemeriksaan ini menggunakan darah kapiler, vena maupun darah arteri, sampel serum dan plasma tidak diperbolehkan. Sistem pembacaan alat ini memiliki keakuratan dengan membaca kadar glukosa dalam darah berkisar 10-600 mg/dl 33,3 mmol/L (Laisouw, 2017).

#### 4. Jenis Pemeriksaan Glukosa

a) Glukosa Darah Sewaktu (GDS)

Pemeriksaan ini merupakan *skrining* awal pada pemeriksaan adanya kelainan metabolisme glukosa. Pemeriksaan glukosa darah sewaktu, biasanya mendapati hasil yang lebih tinggi, karena pemeriksaan dilakukan pada saat itu juga tanpa persiapan apapun. Sehingga kadar glukosa dalam darah suatu saat bisa berubah suatu waktu sesuai dengan banyaknya karbohidrat yang diserap (Herawati, 2017).

b) Glukosa Darah Puasa (GDP)

Setelah berpuasa selama 10 hingga 12 jam, analisis GDP mengukur keseimbangan glukosa untuk homeostasis. Disarankan agar GDP diuji secara rutin karena kisaran umumnya adalah 70-110 mg/dL. Karena makanan puasa tidak dicerna, maka proses mempertahankan kadar GDP yang normal bergantung pada hormon, hati, dan jaringan perifer. Kadar glukosa darah bervariasi di setiap arah. Ketika tubuh gagal mengontrol kadar glukosa secara teratur, maka kadar glukosa darah puasa akan naik atau turun. Dengan demikian, tes glukosa ini

dapat membantu untuk menilai integritas sistem yang mengkondisikan mukosa dalam darah (Hartina, 2017).

c) Glukosa dalam Darah 2 Jam sesudah Makan atau 2 Jam PP

Dilakukan setelah makan, sampel darah, atau injeksi insulin, tes glukosa dua jam ini merupakan tes glukosa yang sebagian besar berfungsi untuk mengetahui reaksi metabolisme dua jam setelah makan dari asupan karbohidrat. Kadar glukosa darah yang normal adalah kurang dari 140 mg/dL. Jika kadar glukosa darah turun di bawah 140 mg/dl setelah makan dua jam, maka orang tersebut memiliki mekanisme glukosa yang normal dan kadar glukosa darah akan kembali ke tingkat semula setelah peningkatan awal. Sebaliknya, peningkatan kadar glukosa darah setelah makan dapat menunjukkan adanya gangguan metabolisme glukosa dalam sirkulasi (Hartina, 2017).

## **5. Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Glukosa Darah**

Kadar glukosa darah dipengaruhi oleh beberapa hal berikut ini:

### **1. Faktor fisiologis**

- a. Latihan fisik yang teratur membantu mengurangi resistensi insulin dengan memungkinkan sel-sel tubuh untuk menggunakan insulin dengan lebih baik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa meningkatkan aktivitas fisik sekitar 30 menit per hari dapat membantu untuk sepenuhnya menghindari diabetes melitus. Olahraga membantu orang yang mengalami obesitas untuk mengurangi lemak tubuh, sehingga mengurangi penurunan berat badan (Pratiwi, 2019).
- b. Di antara nutrisi, tubuh membutuhkan karbohidrat. Karbohidrat dapat berupa polisakarida yang tidak dapat diserap secara langsung. Oleh karena itu, karbohidrat harus diubah menjadi bentuk normalnya jika ingin diserap melalui mukosa selama pencernaan. Sebagian besar karbohidrat dalam makanan masuk ke dalam sirkulasi sebagai glukosa. Bentuk gula lainnya diubah oleh hati menjadi glukosa (Desita, 2019).

- c. Menanggapi stres fisik dan neurogenik, kelenjar hipofisis anterior mengeluarkan ACTH (hormon adrenokortikotropik). Selanjutnya yang menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah adalah penghambatan ACTH terhadap sekresi kortisol kelenjar adrenal. Hormon ini meningkatkan katabolisme asam amino hati dan aktivitas enzim-enzim penting yang terkait dalam mekanisme glukoneogenesis. Dengan demikian, proses glukoneogenesis menjadi lebih intens (Wahyuni, 2018).
- d. Secara tidak langsung, ukuran tubuh mempengaruhi keseimbangan konsentrasi glukosa darah, hal ini berkaitan dengan manfaat dan tujuan keseimbangan cairan dalam tubuh. Karena kandungan adiposa yang meningkat, mereka yang memiliki berat badan berlebih (BMI >23 kg/m<sup>2</sup>) biasanya memiliki kadar glukosa darah yang meningkat. Di sisi lain, mereka yang memiliki indeks massa tubuh rendah memiliki kandungan lemak yang lebih sedikit (Hartina, 2017). Secara umum, perubahan fisiologis manusia akan mulai menunjukkan penurunan yang mencolok di atas usia 45 tahun. Dengan demikian, risiko hiperglikemia meningkat secara signifikan pada usia 50 tahun. Hal ini terjadi karena intoleransi glukosa mulai terlihat pada usia tersebut. Proses penuaan mengurangi sintesis sel pankreas terhadap insulin (Wahyuni, 2018).
- e. Banyak obat termasuk *steroid* atau *antipsikotik* dapat meningkatkan kadar glukosa. *Antipsikotik atipikal* mengganggu proses metabolisme. Menggunakan *clozapine* dengan *olanzapine* dapat menyebabkan penambahan berat badan, oleh karena itu karbohidrat harus diperhatikan. Hormon-hormon ini juga telah dikaitkan dengan hiperglikemia; mekanisme yang tepat masih belum diketahui. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh kenaikan berat badan yang disebabkan oleh retensi insulin (Desita, 2019).

## 2. Faktor Teknis

- a. Tes glukosa darah dapat dikembangkan untuk mengukur kadar glukosa (gula) dalam aliran darah. Pemantauan kadar gula darah tubuh membuat tes ini penting untuk diagnosis dan pengelolaan penyakit yang terkait dengan kadar gula darah yang lebih tinggi, termasuk diabetes.
- b. Teknik pengambilan sampel pembendungan vena menggunakan tourniquet yang terlalu lama akan dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan.
- c. Metode laboratorium dapat digunakan untuk mengukur kadar glukosa. Kesalahan atau variasi antar metode ini dapat terjadi dan mempengaruhi konsentrasi hasil.
- d. Biasanya, interval antara pengumpulan sampel dengan pemisahan serum/plasma dan analitik tidak boleh lebih dari satu hingga dua jam. Di sisi lain, filamen fibrin dapat berasal dari pemisahan serum yang terlalu cepat. Untuk memisahkan serum, darah dapat dibiarkan membeku pada suhu kamar selama 20 hingga 30 menit kemudian disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 hingga 15 menit. Pemisahan serum harus dimulai dua jam setelah spesimen diambil.
- e. Sampel segar yang disimpan selama lebih dari tiga hari menyebabkan penurunan kadar glukosa darah sekitar 8,2% hingga 14,9%. Demikian juga, sampel beku yang disimpan pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  selama lebih dari 14 hari dapat menurunkan kadar glukosa; penyimpanan pada suhu yang lebih rendah tidak berpengaruh dalam hal ini.
- f. Reagen sangat penting dalam interpretasi hasil tes glukosa selama proses pengujian glukosa; jadi, reagen sangat relevan dalam interpretasi laboratorium. Setiap reagen harus diuji kualitasnya sebelum digunakan dalam analisis untuk menjamin bahwa hasilnya bebas dari kesalahan dan temuan yang sesuai dapat dicapai.
- g. Kalibrasi sangat penting jika menginginkan nilai yang konstan. Mengikuti pedoman yang telah digunakan sebelumnya, laboratorium

wajib mengkonfirmasi pengaturan yang telah dilakukan pada mikropipet dengan mencocokkannya dengan nilai standar.

## **B. Tinjauan Umum Tentang Darah Lengkap**

Darah adalah cairan tubuh yang terdapat di dalam pembuluh darah. Darah berfungsi sebagai alat pengangkut yang mengambil oksigen dari paru-paru dan mengedarkannya ke seluruh jaringan tubuh, mengangkut karbondioksida dari jaringan untuk dikeluarkan melalui paru-paru, mengambil nutrisi atau zat makanan dari usus halus untuk distribusikannya ke seluruh jaringan tubuh, mengangkut zat-zat yang tidak berguna bagi tubuh untuk dikeluarkan melalui kulit dan ginjal, menyebarkan panas ke seluruh tubuh dan sebagai pertahanan tubuh terhadap serangan penyakit (Hupitoyo dan Sri, 2019).

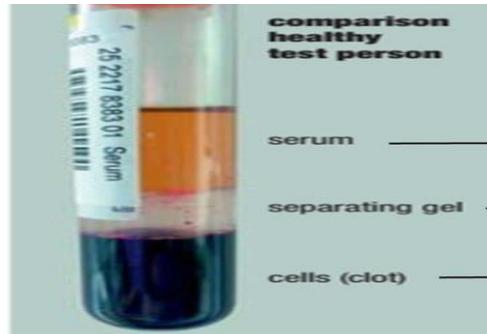
*Whole Blood* atau darah lengkap berupa jaringan cair meliputi plasma darah (cairan intraseluler 55%) yang di dalamnya terdapat sel-sel darah (unsur padat 45%). Volume darah secara keseluruhan berkisar 1/12 dari berat badan. Secara fisiologis, volume darah adalah konstan (*homeostatik*) dan diatur oleh tekanan osmotik koloid protein dalam plasma dan jaringan. Darah membentuk 6-8% dari total berat badan dan terdiri dari sel darah merah, sel darah putih dan trombosit yang tersuspensi dalam cairan yang disebut plasma. Darah dalam keadaan fisiologisnya selalu terdapat di dalam pembuluh darah, maka dapat berfungsi sebagai pembawa oksigen (*oxygen carrier*), mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi dan mekanisme *hemostatis* (Kurniasih, 2023).

## **C. Tinjauan Umum Tentang Serum**

### **1. Pengertian Serum**

Komponen cair dari darah adalah plasma. Cairan cair yang tertinggal setelah plasma kehilangan elemen pembekuan dikenal sebagai serum. Penggunaan faktor pembekuan untuk membekukan darah selama proses perubahan darah menjadi serum menyebabkan faktor pembekuan hilang

dalam serum. Serum tidak memiliki faktor pembekuan, tetapi serum mengandung berbagai senyawa lain: glukosa, kolesterol, elektrolit, hormon, enzim, dan antibodi.



**Gambar 1.** Sampel Serum Normal  
(Sumber : Maire and Schluter, 2017)

Serum didapat dengan menampung *whole blood* sebanyak dua setengah kali lipat dari volume yang dibutuhkan untuk uji. Sehingga apabila dibutuhkan serum sebanyak 1 mL, maka ahli tenaga laboratorium medis harus mengambil 2,5 mL *whole blood*. *Whole blood* yang sudah didapat dibiarkan menggumpal kurang lebih 30-45 menit kemudian dilakukan sentrifugasi sehingga dihasilkan cairan yang dikenal sebagai serum dan gumpalan darah dengan bentuk tidak beraturan. Apabila penggumpalan darah terjadi dengan sempurna, maka gumpalan tersebut mudah dilepas dari dinding tabung (Lieseke dkk, 2014).

Kualitas sampel serum uji sangat bergantung pada proses pengolahannya, sehingga seorang ahli tenaga laboratorium medis harus memerhatikan hal-hal berikut:

1. *Whole blood* tidak boleh ditempatkan di dalam tabung selama lebih dari satu jam karena kontak terus menerus dengan tabung akan menyebabkan perubahan kimiawi pada serum yang dihasilkan. Perubahan yang paling jelas adalah penurunan glukosa darah dan peningkatan zat besi serum.
2. *Whole blood* disentrifugasi setelah terbentuk bekuan. Apabila sentrifugasi dilakukan sebelum terbentuk bekuan, faktor pembekuan

tidak akan tercampur dengan sel darah di bawah tabung justru akan membentuk bekuan fibrin yang besar di lapisan serum. Bekuan fibrin merupakan massa lembut dan lengket yang membuat serum uji sulit dipisahkan.

3. Serum yang sudah dipisahkan melalui proses sentrifugasi harus dipindahkan dalam tabung terpisah.
4. Sampel serum yang diperiksa haruslah sampel serum untuk eritrosit utuh atau sel darah yang mengalami hemolisis. Sampel harus diproses ulang karena kedua situasi tersebut akan menyebabkan warna kemerahan. Jika sampel termasuk eritrosit utuh, eritrosit akan jatuh ke dasar tabung selama sentrifugasi. Berbeda dengan bahan yang mengalami hemolisis, warna merah tidak akan memudar setelah sentrifugasi ulang. Khususnya tes kimia, serum yang mengalami hemolisis tidak cocok untuk analisis laboratorium. Hemolisis mendapatkan warna merahnya dari pecahnya eritrosit, yang menyatukan komponen hemoglobin dengan serum dan membuat serum menjadi merah (Lieseke & Zeibig, 2018).
5. Spesimen yang biasa digunakan sampel serum atau plasma dengan cara disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 5-15 menit dan spesimen harus segera dipisahkan dari sel-sel darah dalam waktu 1 hingga 2 jam setelah pengambilan spesimen untuk menghindari terjadinya hemolisis (Aghniya, 2018).

## **2. Jenis-Jenis Serum Tidak Normal**

### **a. Serum Hemolisis**

Serum hemolisis adalah serum yang disebabkan oleh pecahnya membran sel darah merah selama proses pengambilan sampel. Serum hemolisis memiliki tampilan berwarna merah dan dapat mengganggu banyak metode pemeriksaan (Lieseke & Zeibig, 2018).

### **b. Serum Lipemik**

Serum yang diproduksi pada hiperlipidemia dapat berwarna transparan, putih, atau keruh. Penyebab kekeruhan yang paling sering

terjadi adalah peningkatan kadar trigliserida (Maulana, 2017).

c. Serum Ikterik

Meningkatnya kadar bilirubin dalam darah menghasilkan serum berwarna kuning kecokelatan yang dikenal sebagai serum ikterik (Ghaedi & Joe, 2016).

#### D. Tinjauan Umum Tentang Sentrifugasi

Sentrifugasi adalah alat yang digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan yang mempunyai kecepatan tertentu. Alat sentrifugasi mikrohematokrit memungkinkan seseorang menemukan hematokrit, atau konsentrasi darah. Dirancang agar sesuai dengan tabung memanjang yang sempit, rotor tipe tetap yang digunakan berjalan dari 11.000 hingga 16.000 rpm. Tabung khusus yang digunakan adalah tabung mikrohematokrit, yang sering dikenal sebagai tabung kapiler (pipa kapiler) (Nugraha, 2015).



**Gambar 2.** Alat Sentrifuge  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi 2024)

Campuran dapat terdiri dari banyak komponen atau senyawa. Memisahkan elemen-elemen komponen dari suatu campuran dapat dilakukan dengan menggunakan karakteristik fisiknya sebagai panduan. Pemisahan campuran menggunakan sentrifugasi di antara teknik-teknik lainnya. Memisahkan partikel dengan menggunakan perbandingan antara kerapatan dan berat (*bouyant*) mereka dikenal sebagai sentrifugasi. Karena gaya sentrifugasi (sekitar  $9,8 \text{ m/s}^2$ ) berat partikel akan naik sesuai dengan kecepatan dan sudut kemiringan rotasi partikel terhadap sumbu. Partikel yang memiliki densitas lebih tinggi dari pelarut akan tenggelam (sedimentasi) dan

partikel yang lebih ringan akan terangkat (flotasi), sehingga terpisah. Perbedaan densitas yang mencolok menyebabkan partikel bergerak lebih cepat. Kondisi isoponik-yaitu, tanpa perbedaan densitas-partikel-partikel tetap berada dalam keseimbangan. Pemisahan sentrifugal didasarkan pada rotasi benda secara horizontal dengan derajat tertentu. Bekerja pada dinding luar silinder atau tabung yang menampung kombinasi cairan dan partikel, gaya sentrifugasi adalah gaya yang berlawanan. Campuran memiliki kemungkinan untuk bergerak menuju pusat rotasi ketika benda tersebut berputar di dalam tabung atau silinder. Namun demikian, hal ini tidak terjadi. Pergerakan partikel-partikel ke arah dinding tabung disebabkan oleh kekuatan ini; mereka berkumpul untuk membentuk endapan.

## E. Tinjauan Umum Tentang Spektrofotometer

### 1. Definisi Spektrofotometer

Spektrofotometer adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan melewatkan cahaya dengan panjang gelombang yang ditentukan melalui kuvet-gelas atau kuarsa. Cahaya akan ditransmisikan sementara sebagian akan diserap. Berbanding lurus dengan nilai absorbansi cahaya yang melewatinya, konsentrasi larutan dalam kuvet akan ditemukan.



**Gambar 3.** Alat Spektrofotometer  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi 2024)

Sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang

gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang.

Kelebihan spektrofotometer dibandingkan fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih lebih dapat terseleksi dan ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating ataupun celah optis. Pada fotometer filter, sinar dengan panjang gelombang yang diinginkan diperoleh dengan berbagai filter dari berbagai warna yang mempunyai spesifikasi melewatkan trayek panjang gelombang tertentu.

Pada fotometer, tidak mungkin diperoleh panjang gelombang yang benar-benar monokromatis, melainkan suatu panjang gelombang 30-40 nm. Sedangkan pada spektrofotometer, panjang gelombang yang benar-benar terseleksi dapat diperoleh dengan bantuan alat pengurai cahaya seperti prisma. Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blangko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blangko ataupun pembanding.

## **2. Instrumen Spektrofotometer**

### **a. Sumber Cahaya**

Dalam spektrofotometer, sumber cahaya harus memiliki intensitas yang kuat dan aliran radiasi yang konstan. Sumber energi cahaya konvensional untuk daerah tampak, ultraviolet dekat, dan inframerah dekat adalah lampu pijar dengan kabel rambut tungsten. Sebanding dengan bola lampu pijar biasa, kisaran panjang gelombang lampu ini (1) adalah 350 - 2200 nm.

### **b. Monokromator**

Monokromator adalah alat yang berfungsi untuk menguraikan cahaya polikromatis menjadi beberapa komponen panjang gelombang tertentu (monokromatis) yang berbeda (terdispersi).

c. Cuvet

Cuvet spektrofotometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat contoh atau cuplikan yang akan dianalisis. Cuvet biasanya terbuat dari kwars, plexiglass, kaca, plastic dengan bentuk tabung empat persegi panjang 1 x 1 cm dan tinggi 5 cm. Pada pengukuran di daerah UV dipakai cuvet kwarsa atau plexiglass, sedangkan cuvet dari kaca tidak dapat dipakai sebab kaca mengabsorpsi sinar UV. Semua macam cuvet dapat dipakai untuk pengukuran di daerah sinar tampak (visible).

d. Detektor

Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Detektor akan mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh penampil data dalam bentuk jarum penunjuk atau angka digital.

Dengan mengukur transmitansi larutan sampel, dimungkinkan untuk menentukan konsentrasinya dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Spektrofotometer akan mengukur intensitas cahaya melewati sampel ( $I$ ), dan membandingkan ke intensitas cahaya sebelum melewati sampel ( $I_0$ ). Rasio disebut transmittance, dan biasanya dinyatakan dalam persentase (% T) sehingga bisa dihitung besar absorban ( $A$ ) dengan rumus  $A = -\log \%T$ .

### 3. Prinsip Spektrofotometer

Pada fotometer filter, tidak mungkin diperoleh panjang gelombang yang benar-benar monokromatis, melainkan suatu trayek panjang gelombang 30-40 nm. Sedangkan pada spektrofotometer, panjang gelombang yang benar-benar terseleksi dapat diperoleh dengan bantuan alat pengurai cahaya seperti prisma. Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blangko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blangko ataupun pembanding.

#### 4. Kelebihan dan Kekurangan Spektrofotometer

##### a. Kelebihan Alat Spektrofotometer

1. Waktu yang dibutuhkan cukup singkat hanya 2-3 menit.
2. Sampel yang diperlukan hanya sedikit, serta dapat running lebih dari 1 sampel.

##### b. Kekurangan Alat Spektrofotometer

1. Adanya gangguan terhadap bilirubin, ureum, protein yang mengakibatkan hasil tinggi palsu.
2. Perawatan instrumen yang kompleks.
3. Kebutuhan arus listrik 600 volt mendorong penggunaan daya yang lebih besar.
4. Pembersihan sampel probe, reagen probe, dan kuvet membutuhkan 3,5 liter air setiap jam, sehingga membutuhkan air dalam jumlah besar.

#### F. Tinjauan Umum Tentang Tabung

##### 1. Tabung *Vacutainer*

Dalam pemeriksaan spesimen darah pemilihan penampung darah (tabung *vacutainer*) menentukan kualitas dari spesimen yang akan dilakukan pemeriksaan. Tabung *vacutainer* merupakan tabung yang hampa udara dan akan terisi oleh darah secara otomatis, karena didalam tabung *vacutainer* terdapat tekanan negatif (Dickinson, 2014).

Tabung *vacutainer* yaitu terbuat dari bahan kaca ataupun bahan plastik bening dengan berbagai macam ukuran volumenya. Ukuran tabung disesuaikan dengan volume sampel darah yang akan dilakukan pemeriksaan, jenis pemeriksaan, jenis sampel darah (vena atau kapiler), usia pasien dan kondisi vena pasien. Tabung *vacutainer* dibedakan jenisnya berdasarkan warna tutup tabung karena warna pada tutup tabung merupakan suatu kode untuk memberikan indikasi mengenai penambahan zat adiktif.

## 2. Jenis-Jenis Tabung *Vacutainer*

Menurut Kurniawan (2014), mencantumkan berbagai jenis tabung *vacutainer* beserta kegunaannya, yaitu sebagai berikut:

**Tabel 1.** Gambar, warna dan keterangan tabung *vacutainer*

No	Nama Tabung Vakum	Gambar Tabung Vakum	Keterangan
1.	Tabung tutup kuning		Tabung SST berisi gel separator yang fungsinya memisahkan serum dan sel darah. Setelah pemusingan, serum akan berada di bagian atas gel dan sel darah berada di bawah gel. SST mengandung komposisi bahan pengaktif bekuan silika ( <i>silica clot activator</i> ) dan polimer gel.
2.	Tabung tutup merah		Tabung ini merupakan tabung tanpa antikoagulan dan gel separator, sehingga darah dapat membeku secara alami dan digunakan dalam pemeriksaan kimia darah, imunologi, serologi dan bank darah.
3.	Tabung vakum tutup hijau terang		Tabung ini berisi gel separator (plasma separator tube / PST) dengan antikoagulan lithium heparin, digunakan untuk pemeriksaan kimia darah, imunologi, dan serologi.

4.	Tabung vakum tutup ungu/lavender		Tabung ini berisi EDTA, umumnya digunakan untuk pemeriksaan darah lengkap dan bank darah ( <i>crossmatch</i> ).
5.	Tabung vakum tutup biru		Tabung ini berisi natrium sitrat, umumnya digunakan untuk pemeriksaan koagulasi misalnya, PPT dan APTT.
6.	Tabung vakum tutup emas		Tabung ini berisi gel dibagian bawah untuk memisahkan darah dari serum dengan cara sentrifugasi dan di gunakan pada pemeriksaan kimia, imunologi dan serologi, bank darah ( <i>crossmatch</i> ).
7.	Tabung vakum tutup coklat		Tabung ini berisi sodium heparin. <i>Inactivates thrombin dan tromboplastin</i> , isinya hampir tidak ada timbal. Di Digunakan untuk pemeriksaan serum <i>leaf determination</i> .
8.	Tabung vakum tutup orange		Tabung ini berisi trombin sehingga mempercepat pembekuan darah dan digunakan untuk pemeriksaan STAT serum kimia.
9.	Tabung vakum tutup hijau		Tabung ini berisi natrium atau lithium heparin, umumnya digunakan untuk pemeriksaan fragilitas osmotik eritrosit dan kimia darah.

10.	Tabung vakum tutup biru gelap		Tabung ini berisi EDTA bebas logam, umumnya digunakan untuk pemeriksaan <i>trace element</i> ( <i>zink, copper, mercury</i> ) dan toksikologi.
11.	Tabung vakum tutup abu-vakum terang		Tabung ini berisi natrium <i>fluoride</i> dan kalium oksalat, digunakan untuk pemeriksaan glukosa.
12.	Tabung vakum tutup hitam		Tabung ini berisi bufer sodium sitrat, digunakan untuk pemeriksaan LED (ESR).
13.	Tabung vakum tutup pink		Tabung ini berisi potassium EDTA, dan digunakan untuk pemeriksaan imunohematologi.
14.	Tabung vakum tutup putih		Tabung ini berisi potassium EDTA, umumnya digunakan untuk pemeriksaan molekuler atau PCR dan DNA
15.	Tabung vakum tutup kuning dengan warna hitam di bagian atas		Tabung ini berisi media biakan, digunakan untuk pemeriksaan mikrobiologi-aerob, anaerob dan jamur.

(Sumber : Arianda, 2019)

### 3. Tabung Gel Separator

Tabung tutup kuning merupakan suatu tabung yang mengandung gel separator (serum separator *tube*/SST) partikel silika dan gel pemisah serum sehingga diperoleh kualitas serum yang bagus dan mengurangi resiko timbulnya fibrin yang bisa menyebabkan penyumbatan instrument. Tabung jenis ini juga dapat ditangani pada hari berikutnya dan memungkinkan analisis spesimen ditunda atau diambil pada malam hari.

Menghomogenisasi spesimen darah sebanyak enam kali dan membiarkannya selama 15 hingga tiga puluh menit setelah dimasukkan ke dalam tabung membantu mengurangi bahaya fibrin. Bahan disentrifugasi dengan kecepatan dan waktu yang ditentukan (Hadi, 2016).



**Gambar 4.** Tabung gel separator  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024)

Dalam pemeriksaan kimia darah salah satunya pemeriksaan kadar glukosa darah, umumnya tabung yang digunakan yaitu tabung polos atau tabung tanpa antikoagulan. Pada tahun 1976-an, teknologi tabung berseparator diperkenalkan dengan komposisi bahan pengaktif bekuan *silica* (*silica clot activator*) dan polimer gel yang terdapat di dalam tabung dalam rangka membantu pada proses pembekuan darah dan dapat mengurangi waktu pada saat proses centrifuge (Furqon, 2015).

Serum diambil dari gumpalan sel darah dengan menggunakan gel pemisah. Sebagian besar tabung darah ini terdiri dari bahan inert dan hidrofobik, yang akan naik selama operasi sentrifugasi. Hal ini menjamin bahwa gel pemisah dan penghalang tetap sesuai, sehingga menghentikan pencampuran sel darah merah dan serum (Furqon, 2015). Dengan demikian, penggunaannya dapat menghasilkan manfaat yang signifikan dalam pengumpulan sampel, penyimpanan spesimen dalam wadah utama, dan pemrosesan sampel. Selama sentrifugasi, viskositas gel menurun dan membantunya naik atau mengalir. Setelah proses sentrifugasi berakhir, gel bertindak sebagai penghalang yang memisahkan sel dari supernatan. Sifat gel membuat wadah gel ini dapat digunakan tanpa batas (Fitriana, 2019).

Sejumlah variabel mempengaruhi lokasi gel selama sentrifugasi: berat jenis tabung, tekanan, viskositas, densitas, dan substansi. Selain itu, yang mempengaruhi lokasi gel mungkin suhu, kecepatan, dan kondisi penyimpanan tabung. Pertimbangan lain dapat berupa perilaku pasien (Bowen dan Remaley, 2014).

Mengikuti Dickinson (2014), manfaat utama penggunaan tabung gel daripada tabung non-gel atau tabung biasa adalah sebagai berikut

- a) Optimalisasi alur kerja termasuk penurunan waktu pemrosesan sampel, waktu sentrifugasi, dan penyimpanan sampel dalam tabung utama.
- b) Tanpa keraguan, bahan dipindahkan dari tabung utama ke tabung sekunder.
- c) Penghalang yang stabil membantu analit menjadi stabil.
- d) Seseorang mendapatkan kualitas sampel yang lebih baik.

Meskipun mereka menawarkan manfaat lebih dari tabung biasa atau tabung tanpa antikoagulan, Bowen dan Remaley (2014) telah menunjukkan bahwa tabung gel tidak sempurna. Produsen telah menetapkan pedoman penanganan sampel dalam tabung gel ini. Tabung pemisah tabung tidak boleh dibekukan karena dapat mengubah susunan fisik gel setelah dibekukan dan dicairkan, sehingga dapat mencemari sel darah dan serum. Selain itu, penyebab ketidakstabilan gel dan ketidakcocokan analit dapat berupa pengapungan pemisah gel yang tidak tepat pada sampel pasien, ketidakstabilan fisik polimer berbasis poliester dalam kondisi suhu tinggi, dan pelepasan pelumas dan surfaktan organosilicone yang dapat mengganggu proses analisis (Lippi dkk, 2014).