

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Lipid**

Lipid adalah makromolekul yang terdiri dari banyak molekul kecil dengan struktur homolog atau sama dan berfungsi untuk melindungi organ tubuh, untuk terapi kanker, untuk pembentukan sel, untuk mendukung apoptosis sel, untuk menghasilkan panas di dalam tubuh, menjadi sumber asam lemak esensial, dan sebagai pelarut vitamin yang larut dalam lemak (Huang & Freter, 2015).

Lipid adalah senyawa organik non-polar yang umum terdapat dalam sel jaringan. Senyawa ini tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut non-polar seperti eter, kloroform, dan benzena. Trigliserida adalah komponen utama dari lipid, sementara komponen lainnya termasuk gliserida, monogliserida, lilin, asam lemak bebas, dan lipid sederhana yang mengandung asam lemak. Lipid juga dapat membentuk senyawa kompleks dengan protein (lipoprotein) dan karbohidrat (glikolipida) (Mamuaja, 2017).

#### **B. Tinjauan Umum Tentang Trigliserida**

##### **1. Definisi Trigliserida**

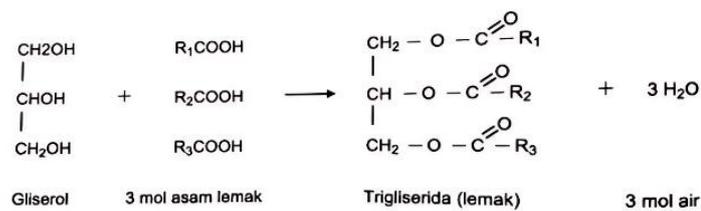
Trigliserida adalah jenis lemak yang terbentuk dari gabungan asam lemak dan gliserol yang disintesis dari karbohidrat dan kemudian disimpan sebagai lemak. Kadar trigliserida yang tinggi juga dikenal sebagai hipertrigliserida dan memengaruhi risiko penyakit jantung koroner (Baig dkk, 2015).

Trigliserida terdapat dalam darah dan dibungkus oleh partikel lipoprotein yang fungsinya sebagai alat transportasi dan penyimpanan energi. Asam lemak bisa dibentuk dari trigliserida, yang bisa digunakan sebagai sumber energi untuk otot atau sebagai penyimpan energi dalam bentuk lemak atau jaringan adiposa (Sari, 2015).

Trigliserida yang ada di dalam tubuh menyediakan energi untuk banyak proses metabolisme. Trigliserida bekerja dengan cara yang sama seperti karbohidrat. Tingginya kadar trigliserida akan memengaruhi

pembuluh darah karena trigliserida bersirkulasi dalam darah bersama dengan VLDL yang bersifat *anterogenik* yang akan mudah menempel pada dinding pembuluh darah bagian dalam, mengakumulasi banyak dan menyebabkan *plak* pada dinding pembuluh darah arteri yang dapat berujung pada penyakit jantung koroner (Faizah, 2017).

## 2. Struktur Kimia Trigliserida



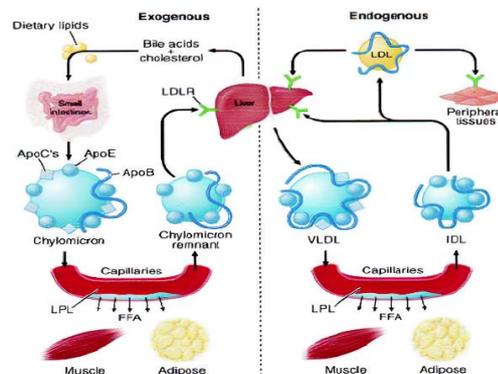
**Gambar 1.** Reaksi Kimia Trigliserida  
Sumber. (Yazid & Nursanti 2014)

Trigliserida merupakan ester dari gliserol dengan tiga asam lemak. Struktur kimianya dapat direpresentasikan sebagai  $\text{CH}_2\text{COOR}-\text{CHCOOR}'-\text{CH}_2-\text{COOR}''$ , di mana R, R', dan R'' mewakili rantai alkil asam lemak. Panjang rantai alkil ini bervariasi, namun yang paling sering ditemukan adalah 16, 18, atau 20 atom karbon (Mamuaja, 2017).

## 3. Fungsi Trigliserida

Trigliserida adalah bentuk lemak yang paling efektif untuk menyimpan kalori, yang penting untuk proses-proses yang memerlukan energi seperti metabolisme. Trigliserida menyusun 99% dari volume sel dalam jaringan lemak. Mereka dapat diubah menjadi kolesterol, fosfolipid, dan berbagai bentuk lipid lainnya sesuai kebutuhan, serta berfungsi sebagai sumber energi. Selain itu, trigliserida juga berperan sebagai bantalan untuk tulang dan organ-organ vital, melindungi mereka dari benturan atau kerusakan (Maulidina, 2014).

#### 4. Metabolisme Triglicerida



**Gambar 2.** Jalur Metabolisme Eksogen dan Endogen  
 Sumber: (Jim, 2014)

Metabolisme triglicerida dibagi menjadi 2, yaitu eksogen dan endogen.

##### a. Jalur Metabolisme Eksogen

Jalur metabolisme eksogen adalah proses pemecahan triglicerida dari makanan. Lipid yang paling sering ditemukan dalam makanan ialah Triglicerida dari asupan eksogen dihidrolisis di usus untuk melepaskan asam lemak dan monogliserida. Dengan empedu, asam lemak bebas, dalam hal ini triglicerida dan monogliserida dalam bentuk misel, mencapai batas enterosit dan diserap di sana.

Di dalam eritrosit, asam lemak bebas berubah menjadi triglicerida, membentuk kilomikron, yang terakumulasi di aparatus Golgi dan dilepaskan dari sisi lateral enterosit, masuk ke sistem limfatik, dan akhirnya masuk ke sirkulasi darah melalui saluran toraks. Triglicerida dalam bentuk kilomikron dihidrolisis oleh enzim lipoprotein lipase (LPL, diaktifkan oleh ApoC-II) di endotel kapiler jaringan adiposa, jantung dan otot rangka, sehingga melepaskan asam lemak bebas. Asam lemak bebas dilepaskan diserap oleh miosit dan adiposit, dioksidasi untuk menghasilkan energi, dan disimpan sebagai triglicerida di jaringan adiposa. Ketika asam lemak bebas hadir dalam jumlah besar, sebagian diserap oleh hati sebagai komponen pembentukan triglicerida.

Kilomikron yang kehilangan sebagian besar trigliseridanya menjadi sisa kilomikron yang mengandung ester kolesterol dan diangkut ke hati melalui ligan ApoE.

b. Jalur Metabolisme Endogen

Pada jalur endogen, simpanan lipid di hepatosit diubah menjadi trigliserida dan ester kolesterol. Pengemasan trigliserida di hati dengan komponen VLDL lain yang baru terbentuk dimediasi oleh protein transfer trigliserida mikrosomal (MTP). Trigliserida dan fosfolipid yang digunakan untuk membentuk VLDL disintesis di retikulum endoplasma, kemudian masuk ke badan Golgi, menyatu dengan permukaan luminal hepatosit, melepaskan VLDL di ruang yang sakit, dan masuk ke kapiler jaringan adiposa dan otot berupa lipoprotein VLDL apoB-100 yang baru terbentuk (Jim, 2014).

## 5. Nilai Rujukan Trigliserida

Menurut (Perkeni, 2021) nilai rujukan trigliserida adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Nilai Rujukan Trigliserida

<b>Kriteria</b>	<b>Kadar Trigliserida</b>
Normal	<150 mg/dL
Sedikit Tinggi	150-199 mg/dL
Tinggi	200-499 mg/dL
Sangat Tinggi	≥150 mg/dL

Peningkatan pada kadar trigliserida disebut juga dengan hipertrigliseridemia (Farizal & Marlina, 2019).

## 6. Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Trigliserida

Kadar trigliserida darah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

a. Konsumsi karbohidrat berlebihan

Kelebihan karbohidrat disimpan dalam bentuk glikogen, yang lama-kelamaan diubah menjadi trigliserida, yang memengaruhi kadar glukosa darah dan trigliserida (Siahaan dkk, 2015). Oleh karena itu, senyawa yang masuk ke dalam aliran darah adalah lemak jenuh, yang

dapat menyebabkan kelainan metabolisme, termasuk diabetes mellitus dan penyakit jantung. Pola makan yang mengandung karbohidrat secara teratur dan memenuhi kebutuhan harian dapat mengurangi konversi karbohidrat menjadi lemak sehingga lemak tidak bertambah di dalam tubuh (Rejeki & Prasetya, 2021). Asupan protein bila seseorang mengkonsumsi protein dalam makanannya melebihi jumlah protein yang dapat digunakan jaringannya, sejumlah protein ini akan disimpan sebagai lemak. Peningkatan asupan lemak akan meningkatkan kadar trigliserida.

b. Penyakit Liver

Penyakit liver merupakan kelainan pada jantung atau hati yang menyebabkan tidak berfungsinya organ tersebut. Sel-sel hati seharusnya hanya mengandung sedikit lemak. Penumpukan lemak pada sel-sel hati dapat menyebabkan penyakit hati (Salim dkk, 2021).

c. Faktor genetik, misalnya pada hipertrigliseridemia familial dan disbetalipoproteinemia familial.

d. Usia

Seiring bertambahnya usia, fungsi berbagai organ tubuh menurun sehingga kadar trigliserida dalam darah menjadi tidak seimbang, dan kadar trigliserida pun meningkat. Stres mengaktifkan sistem saraf simpatik, yang menyebabkan pelepasan adrenalin dan norepinefrin, yang meningkatkan konsentrasi asam lemak bebas dalam darah dan meningkatkan tekanan darah (Putri, 2015).

j. Kebiasaan Merokok

Banyak sekali gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh rokok karena rokok mengandung berbagai bahan kimia yang dapat menyebabkan tubuh bereaksi dan menjadi sakit. Salah satu gangguan fisik yang terjadi adalah memburuknya profil lipid akibat zat rokok yang masuk ke dalam tubuh. Asap rokok mengandung banyak bahan kimia beracun, termasuk karbon monoksida (CO) yang dikeluarkan dari asap rokok, menyempitkan pembuluh darah, meningkatkan tekanan darah, dan merusak dinding pembuluh darah. Merokok meningkatkan

konsentrasi trigliserida karena paparan karbon dioksida. Peningkatan trigliserida lebih besar pada perokok dibandingkan bukan perokok. Kadar trigliserida lebih tinggi pada perokok berat dibandingkan perokok pasif.. (Parwati & Husada, 2018).

k. Diabetes Melitus

Diabetes melitus adalah penyakit kronis yang disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kekurangan insulin, ketidakmampuan tubuh untuk menggunakan insulin secara efektif (resistensi insulin), serta gangguan pada metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein (Jaya, 2016).

l. Konsumsi alkohol

Konsumsi alkohol yang berlebihan dapat meningkatkan kadar kolesterol total dan trigliserida. Selain itu, alkohol dapat mengganggu fungsi optimal jantung dan hati, yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan kadar trigliserida (Irawati dkk, 2020).

## 7. Pemeriksaan Kadar Trigliserida

Menurut Robert (2015) ada beberapa metode yang digunakan dalam pemeriksaan trigliserida, yaitu:

a. *Ultracentrifuge*

*Ultracentrifuge* merupakan metode pemisahan partikel lipoprotein dengan ukuran dan kepadatan yang berbeda, berdasarkan prinsip mengapung dalam larutan garam. Metode ini memerlukan biaya yang cukup besar, waktu yang lama, dan volume sampel darah yang relatif banyak.

b. Elektroforesa

Metode ini akan memisahkan *kilomikron*, *betalipoprotein*, *prebetalipoprotein*, dan *alfalipoprotein*. Partikel protein dipisahkan berdasarkan ukuran dan muatan listriknya dengan melewati listrik melalui media seperti *gel agarose*, *gel polyacrylamide*, dan *cellulose acetate*. Serum diteteskan ke membran yang terbuat dari selulosa atau kertas saring, yang ditempatkan dalam medan listrik. Intensitas warna

yang terbentuk kemudian diukur dengan densitometer. Teknik ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan lipoprotein dalam plasma secara akurat. Namun, teknik ini memerlukan keahlian di bidang teknik laboratorium dan oleh karena itu tidak direkomendasikan untuk digunakan di laboratorium pengujian rutin.

c. Spektrofotometri/ *Enzimatis kolorimetri*

Spektrofotometri/ *Enzimatis kolorimetri* merupakan metode pengujian trigliserida yang digunakan sebagai uji standar di laboratorium klinis. Hal ini dikarenakan pengujian trigliserida menggunakan spektrofotometri memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah.

Dalam metode ini, trigliserida dihidrolisis secara enzimatis menjadi gliserol dan asam bebas. Konsentrasi kompleks warna yang terbentuk kemudian diukur dengan menggunakan spektrofotometer. Prinsip dasar metode ini melibatkan oksidasi dan hidrolisis enzimatis. Dua jenis reagen digunakan dalam pengujian trigliserida: reagen enzim dan reagen standar. Hasil dari metode ini dapat dipengaruhi oleh kondisi serum yang dilisis serta kualitas sampel yang buruk.



**Gambar 3.** Alat Spektrofotometri (TRX 7010)  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

## C. Tinjauan Umum Darah

### 1. Darah

Darah adalah cairan tubuh yang sangat penting untuk kehidupan manusia, yang mengalir melalui jantung dan pembuluh darah. Dalam tubuh manusia, darah terdiri dari dua komponen utama: 55% plasma darah (bagian cair) dan 45% sel/hemosit (bagian padat). Fungsi utama darah adalah

mengangkut oksigen dan nutrisi dari jantung ke seluruh sel tubuh serta mengangkut hasil metabolisme sel tubuh (Firani, 2018).

Sekitar 7-8% dari berat tubuh manusia dipengaruhi oleh volume darah yang mengalir melalui arteri dan vena serta dipompa secara terus-menerus oleh jantung (Rosita dkk, 2019). Suhu darah normal adalah sekitar 38°C, dan pH darah berkisar antara 7,35 hingga 7,45. pH darah sangat penting karena berfungsi sebagai sistem penyangga untuk menjaga keseimbangan asam-basa, yang memengaruhi fisiologi tubuh. Darah yang kaya oksigen berwarna merah cerah, sementara darah yang mengandung oksigen rendah berwarna merah tua.

Volume darah pada manusia bervariasi tergantung pada jenis kelamin dan ukuran tubuh. Pria dewasa memiliki sekitar 5 hingga 6 liter darah, sementara wanita dewasa memiliki sekitar 4 hingga 5 liter (Tortora & Derrickson, 2017). Darah terdiri dari dua komponen utama: cair dan padat. Komponen cairnya adalah plasma darah, sementara komponen padat terdiri dari eritrosit, leukosit, dan trombosit, yang berperan dalam pembekuan darah (*American Society of Hematology*, 2018). Secara keseluruhan, darah yang beredar di dalam tubuh dikenal sebagai darah utuh, yang terdiri dari 55% plasma darah dan 45% sel darah.

Darah memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan fisiologis tubuh manusia. Tugas utamanya adalah mengangkut berbagai zat penting bagi sel-sel tubuh, termasuk oksigen, produk hasil metabolisme, nutrisi (seperti glukosa, protein, lemak, vitamin), dan elektrolit. Selain itu, darah juga berfungsi sebagai pengangkut hormon yang mengirimkan sinyal ke organ-organ target (Firani, 2018).

## **2. Jenis Spesimen Darah**

### **a. Darah Utuh (*whole blood*)**

Darah utuh merupakan darah yang masih memiliki bentuk dan tekstur seperti darah yang mengalir di pembuluh darah. Darah ini digunakan dalam tes darah, terutama untuk tes darah lengkap. Pengambilan sampel darah dilakukan dari vena dan sebelum

pemeriksaan, antikoagulan harus ditambahkan untuk mencegah pembekuan. Jenis antikoagulan yang digunakan harus disesuaikan dengan jenis tes yang dilakukan. Karena sel darah dapat mengalami kerusakan jika sampel disimpan terlalu lama, sampel perlu dicampur atau didinginkan selama 2 menit sebelum tes dilakukan (Munabari & Syahputra, 2022).

b. Plasma Darah

Plasma merupakan bagian darah yang diperoleh dengan cara sentrifugasi darah utuh yang telah diberi antikoagulan sehingga menghasilkan komponen cair yang tidak hanya mengandung sel darah merah, tetapi juga mengandung protein, elektrolit, hormon, metabolit, dan faktor pembekuan darah (Munabari & Syahputra, 2022).

c. Serum

Serum merupakan cairan darah yang tanpa fibrinogen. Serum adalah bagian cair darah yang dapat diperoleh melalui proses sentrifugasi setelah 15 menit inkubasi, karena tanpa pemberian antikoagulan, komponen seperti glukosa, protein, hormon, zat metabolik, elektrolit masih ada, tetapi tidak lagi mengandung faktor pembekuan (Munabari & Syahputra, 2022).

### 3. Komponen Darah

Darah sendiri mempunyai dua komponen utama yaitu komponen cair dan komponen padat. Darah bagian yang cair adalah plasma, sedangkan bagian padatnya adalah eritrosit, leukosit dan trombosit, yang berperan dalam siklus darah (*American Society of Hematology*, 2018).

a. Plasma Darah

Plasma darah adalah komponen terbesar dari darah utuh, yaitu sekitar setengah dari komponennya. Plasma darah merupakan cairan matriks ekstraseluler bening dengan warna agak kuning, mengandung berbagai komponen, antara lain air (92%) dan sisanya 8% berupa gula, lemak, protein, vitamin, hormon, enzim, antibodi, dan karbon. karbon dioksida dan mineral lainnya (*American Society of Hematology*, 2018).

Warna kuning pada plasma darah merupakan warna yang terjadi ketika sel darah merah tua yaitu bilirubin dipecah, serta adanya pigmen karotenoid, hemoglobin, dan protein transfer zat besi (Raghuwanshi & Pehlajani, 2016).

Plasma darah berperan penting dalam menjaga homeostatis darah, seperti menjaga tekanan darah dan volume darah. Selain itu, plasma darah berkontribusi pada pengangkutan produk sisa metabolisme yang tidak diinginkan. Selain itu, keberadaan antibodi dalam plasma darah erat kaitannya dengan daya tahan tubuh pada sistem pertahanan tubuh manusia (Rosita dkk, 2019).

b. Eritrosit

Eritrosit (sel darah merah) adalah jenis sel yang paling dominan dalam darah dan memiliki peran penting sebagai pengangkut oksigen. Jumlah sel darah merah pada pria dewasa yang sehat adalah sekitar 5,4 juta sel per mikroliter darah, sementara pada wanita dewasa yang sehat adalah sekitar 4,8 juta sel per mikroliter darah. Eritrosit adalah satu-satunya jenis sel darah yang dapat menjalankan fungsinya tanpa harus meninggalkan pembuluh darah. Bentuknya seperti cakram bikonkaf dengan diameter sekitar 7,5  $\mu\text{m}$ , ketebalan sekitar 2,6  $\mu\text{m}$  di bagian tepi dan 0,75  $\mu\text{m}$  di bagian tengah. Karena ukuran dan bentuknya yang relatif seragam serta keberadaannya yang luas di seluruh jaringan tubuh, ahli histologi sering menggunakan eritrosit sebagai standar untuk memperkirakan ukuran sel-sel lainnya di sekitarnya (Mescher, 2015).

c. Leukosit

Leukosit (sel darah putih) adalah sel darah yang memiliki inti, berbeda dengan sel darah merah (eritrosit) yang tidak memiliki inti. Leukosit tidak mengandung hemoglobin dan tidak dapat membawa oksigen. Selain itu, diberi nama leukosit karena warnanya yang pucat dibandingkan sel darah merah. Leukosit umumnya dibagi menjadi lima kelompok, yaitu neutrofil, basofil, eosinofil, monosit, dan limfosit. Masing-masing jenis leukosit memiliki karakteristik dan fungsi yang

berbeda-beda. Jumlah leukosit dalam darah antara 4,3 dan 10,8 x 10<sup>9</sup>/l. Neutrofil dan limfosit merupakan bagian terbesar dari leukosit yaitu 45-74% dan 16-45%. Sisanya, monosit 4-10%, eosinofil 0-7% dan basofil 0-2% dari total jumlah leukosit (Rosita dkk, 2019).

d. Trombosit

Trombosit adalah fragmen sel kecil berbentuk kepingan dengan diameter sekitar 2 hingga 4 µm. Trombosit terbentuk dari pembelahan sitoplasma megakaryosit, sel besar poliploid di sumsum tulang merah, yang dapat menghasilkan sekitar 2000 hingga 3000 fragmen sel. Setiap fragmen sel kemudian memasuki darah sebagai trombosit dengan kepadatan 150.000 hingga 400.000 per µL (mm<sup>3</sup>) darah. Trombosit mengandung banyak vesikel tetapi tidak memiliki inti. Trombosit berperan penting dalam proses pembekuan darah dan perbaikan pembuluh darah yang mudah rusak, sehingga mencegah kehilangan darah dari pembuluh darah (Rosita dkk, 2019).

#### **D. Tinjauan Umum Serum**

Serum merupakan bagian cair darah yang tidak mengandung sel darah atau faktor pembekuan darah. Cairan ini diperoleh dengan melakukan pemisahan serum dari bekuan darah. Pemisahan ini dilakukan menggunakan alat yang disebut sentrifus (Nugraha, 2015). Setelah dilakukan sentrifus, darah akan menggumpal secara spontan. Gumpalan darah ini bentuknya tidak beraturan dan mudah terlepas dari dinding tabung. Selain itu, darah akan terpisah menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah gumpalan darah yang berwarna kuning jernih. Bagian kedua adalah larutan darah yang berwarna merah keruh (Sadikin, 2014).

Ada tiga jenis serum yang tidak normal, yaitu:

- (1) Serum lipemik, yaitu keadaan dimana serum mengandung lipoprotein yang berlebih. Terjadinya serum lipemik ini disebabkan oleh adanya partikel lipoprotein berukuran besar yaitu kilomikron (Ghaedi dkk, 2016).
- (2) Serum ikterik adalah keadaan di mana serum memiliki warna kuning kecoklatan akibat tingginya kadar bilirubin (Ghaedi dkk, 2016).

- (3) Serum hemolisis, yaitu keadaan dimana serum memiliki warna kemerahan hemoglobin dilepaskan dari sel darah merah yang mengalami kerusakan (Ghaedi dkk, 2016).

### E. Tinjauan Umum Tabung Vacutainer

Tabung vakum adalah tabung plastik atau kaca kosong yang digunakan untuk menampung darah. Saat disambungkan ke jarum, darah mengalir ke dalam tabung sampai volumenya mencapai batas, dan alirannya terhenti. Tutup tabung vakum dapat memiliki berbagai warna, seperti kuning, merah, hijau muda, biru, biru tua, abu-abu, hijau, hitam, merah muda, putih, kuning, hitam, dan ungu. Warna ini digunakan untuk membedakan jenis antikoagulan dan memanfaatkannya untuk pemeriksaan laboratorium. (Deviani, 2017).

**Tabel 2.** Gambar Tabung Vacutainer

No	Nama Tabung Vakum	Gambar Tabung Vakum	Keterangan
1.	Tabung vakum tutup kuning		Tabung vakum dengan tutup kuning mengandung gel separator yang berfungsi memisahkan serum dari sel darah. Setelah proses sentrifugasi, serum akan berada di atas gel, sementara sel darah berada di bawahnya.
2.	Tabung tutup merah		Tabung dengan tutup merah mengandung clotactivator yang melapisi dinding tabung untuk membantu proses pembekuan darah. Clotactivator ini bukan antikoagulan, sehingga tidak mempengaruhi hasil pemeriksaan.

3.	Tabung vakum tutup hijau terang		Tabung vakum hijau muda dengan tutup berisi gel pemisah dengan antikoagulan litium heparin.
4.	Tabung vakum tutup ungu		Tabung vakum dengan tutup ungu atau lavender yang mengandung EDTA biasanya digunakan pada pemeriksaan darah lengkap dan bank darah.
5.	Tabung vakum tutup biru		Tabung vakum dengan tutup biru mengandung natrium sitrat. Biasanya digunakan untuk uji koagulasi, seperti PPT dan APTT.
6.	Tabung vakum tutup hijau		Tabung vakum dengan tutup hijau mengandung natrium atau litium heparin, dan biasanya digunakan untuk mempelajari kerapuhan osmotik sel darah merah serta analisis kimia darah.
7.	Tabung vakum tutup biru gelap		Tabung vakum dengan tutup biru tua yang mengandung EDTA bebas logam biasanya digunakan untuk studi elemen jejak seperti seng, tembaga, dan merkuri, serta untuk analisis toksikologi.
8.	Tabung vakum tutup abu-abu-vakum terang		Tabung vakum dengan tutup abu-abu terang mengandung kalium oksalat dan natrium fluorida, dan digunakan untuk pemeriksaan glukosa.

9.	Tabung vakum tutup hitam		Tabung vakum dengan tutup hitam mengandung buffer sodium sitrat dan digunakan untuk pemeriksaan LED (ESR).
10.	Tabung vakum tutup pink		Tabung vakum dengan tutup pink mengandung potassium EDTA dan digunakan untuk pemeriksaan imunohematologi.
11.	Tabung vakum tutup putih		Tabung vakum dengan tutup putih mengandung potassium EDTA dan digunakan untuk pemeriksaan molekuler seperti PCR dan bDNA.
12.	Tabung vakum tutup kuning dengan warna hitam di bagian atas		Tabung vakum dengan tutup kuning yang memiliki bagian atas berwarna hitam mengandung media biakan dan digunakan untuk pemeriksaan mikrobiologi, termasuk untuk mikroorganisme aerob, anaerob, dan jamur.
13	Tabung vakum tutup orange		Tabung ini mengandung trombin, yang mempercepat proses pembekuan darah dan digunakan untuk pemeriksaan serum kimia secara STAT.
14	Tabung vakum tutup coklat		Tabung ini mengandung sodium heparin, yang menginaktivasi thrombin dan tromboplastin serta hampir tidak mengandung timbal. Tabung ini digunakan untuk pemeriksaan serum dan penentuan lemak.

Sumber: (Arianda, 2019)

## F. Tinjauan Umum Tabung Gel Separator

Tabung gel separator digunakan untuk memisahkan serum dan darah. Setelah disentrifugasi, serum berada di atas dan sel darah berada di bawah. Tabung pemisah berisi kombinasi flokulan silika dan gel polimer. Tabung ini mengandung silika, yang meningkatkan aktivasi trombosit yang mengurangi waktu pembekuan dan waktu sentrifugasi. Tabung pemisahan gel digunakan untuk memisahkan serum dan plasma dari sel darah. Tabung harus dibalik lima kali untuk mencampur darah. Tabung ini memiliki kelebihan yaitu:

- a. Gumpalan dibentuk oleh silika mikronisasi dan gel polimer di dalamnya yang memisahkan serum. Sehingga menghasilkan serum dengan kualitas tinggi dan mengurangi risiko pembentukan fibrin yang dapat menyumbat alat.
- b. Waktu yang diperlukan untuk memperoleh serum hanya setengah dari waktu yang dibutuhkan oleh tabung merah, sehingga menghemat waktu.
- c. Lebih banyak serum yang didapatkan bila dibandingkan dengan tabung merah.
- d. Memungkinkan penundaan pemeriksaan, di mana sampel dapat diambil pada malam hari dan kemudian diperiksa atau dianalisis keesokan harinya.
- e. Sifat gel memastikan darah tetap berada di bagian bawah tabung selama transportasi, penyimpanan, dan penanganan. Sebagai contoh, gel tetap stabil meskipun tabung dibalik atau terguncang, dengan demikian serum tetap terpisah dan tidak tercampur dengan sel darah (Asih, 2017).

Tabung gel separator memiliki kelemahan terkait beberapa variable seperti bahan tabung, kecepatan centrifuge dan suhu. Gel separator dapat melepaskan bahan kimia yang mengganggu pengujian dan mempengaruhi stabilitas konsentrasi analit darah. Tabung gel separator harus disimpan pada suhu 4-25°C dan tidak boleh digunakan setelah tanggal kedaluwarsa. Beberapa sampel dari pasien epilepsi membutuhkan waktu lebih dari 30 menit untuk masuk ke dalam tabung gel separator (Furqon, 2015).

## G. Tinjauan Umum Sentrifuge

### 1. Pengertian Sentrifuge



**Gambar 4.** Sentrifuge

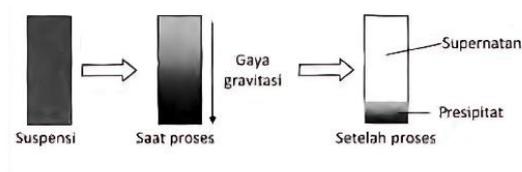
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Sentrifuge adalah alat laboratorium klinik yang berfungsi memisahkan senyawa berdasarkan perbedaan kepadatan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal menyebabkan senyawa bergerak menjauhi pusat atau sumbu alat dengan mengikuti jalur melengkung. Dalam proses ini, alat bekerja berdasarkan prinsip rotasi tabung yang berisi larutan, memungkinkan pemisahan komponen berdasarkan perbedaan massa jenis. Larutan tersebut akan terpisah menjadi dua fase, yaitu partikel dengan kepadatan lebih tinggi akan mengendap di dasar tabung disebut pellet atau organel, sedangkan cairan yang tersisa di atas endapan disebut supernatant (Setyadi & Shafira, 2021). Selain itu, sentrifugal juga dapat memisahkan partikel cair-cair dengan kepadatan berbeda (Istianah, 2018). Partikel dengan massa jenis lebih tinggi akan terpisah dan mengendap di dasar, sedangkan partikel dengan massa jenis lebih rendah akan mengendap di bagian atas.

Dalam sentrifugasi diferensial, pemisahan didasarkan pada ukuran partikel. Partikel dengan ukuran dan kepadatan berbeda mengendap dalam suspensi dengan kecepatan berbeda, dan partikel yang lebih besar dan padat akan mengendap lebih cepat. Tingkat resolusi ini dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan kecerdasan buatan. Saat suspensi sel mengalami berbagai perubahan mekanis, proses sedimentasi terjadi (Gopala, 2016).

Kecepatan sentrifugasi yang tinggi dapat menyebabkan plasmolisis pada sel-sel darah, mengakibatkan keluarnya cairan intraseluler dan menurunnya viskositas serum (Sebayang, 2020). Hal ini disebabkan oleh peningkatan tekanan mekanis yang diterapkan pada sel-sel darah (Moller dkk, 2017). Peningkatan tekanan mekanis yang diterima oleh sel darah menyebabkan fenomena ini (Moller dkk, 2017). Stabilitas membran sel eritrosit manusia yang disentrifugasi pada kecepatan tinggi menunjukkan penurunan deformabilitas yang lebih kecil (Kiss dkk, 2016). Berat molekul dapat diukur menggunakan metode keseimbangan sedimentasi, di mana sampel disentrifugasi pada kecepatan relatif rendah untuk mencapai keseimbangan antara sedimentasi dan difusi. Teknik keseimbangan sedimentasi ini sangat akurat dan dapat dilakukan tanpa menyebabkan denaturasi, sehingga struktur multimerik aslinya tetap terjaga (Stryer, 2000).

## 2. Prinsip Sentrifugasi



**Gambar 5.** Prinsip Sentrifugasi

Sumber: (Istianah, 2018)

Pemisahan antara partikel padat dan cair bisa dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi atau gaya sentrifugal (gaya putar). Sentrifugasi efektif untuk campuran heterogen, sementara campuran homogen (seperti larutan) tidak dapat dipisahkan secara mekanis melalui metode ini (Istianah, 2018). Zat yang lebih berat atau padat akan mengendap di dasar, sedangkan zat yang lebih ringan akan berada di atas atau melayang di bagian atas.

## 3. Jenis-jenis Sentrifuge

### a. Mikrosentrifus

Sentrifuge ini dilengkapi dengan tabung kecil berukuran 0,2 ml hingga 2,0 ml yang digunakan bersama mikrotube untuk tes Hb. Ia

memiliki desain kompak dan tapak kecil serta dapat berputar dengan kecepatan hingga 30.000 g.

b. Sentrifus Klinis

Digunakan di laboratorium klinis untuk uji diagnostik, sentrifugal ini memiliki kecepatan rendah dengan kecepatan maksimum 4000 hingga 5000 rpm.

c. Sentrifus Bangku Serbaguna

Sentrifuge ini berukuran sedang dan dirancang untuk diletakkan di atas meja. Dengan berat sekitar 10 kg, alat ini mampu beroperasi pada kecepatan antara 0 hingga 16.000 rpm. Selain itu, alat ini dilengkapi dengan kaki yang kokoh untuk stabilitas yang lebih baik.

d. Sentrifuge Lantai (*floor model*)

Sentrifuge ini berukuran besar dan tidak ditempatkan di atas meja, melainkan diletakkan di lantai. Salah satu contohnya adalah ultrasentrifuge berkecepatan tinggi yang dilengkapi dengan sistem pendingin internal (Mardiana & Rahayu, 2017).

#### 4. Fungsi Sentrifuge

Terdapat beberapa fungsi sentrifuge dalam pemisahan di bidang bioteknologi, meliputi:

a. Pemisahan (padat/cair, padat/cair/cair dan padat/padat/cair)

Sentrifugasi dapat digunakan untuk memisahkan padat dari cairan, serta untuk memisahkan dua fase cair yang berbeda kepadatannya, di mana salah satu fase cair lebih ringan daripada yang lainnya dengan menggunakan fase padat terdispersi untuk membedakannya.

b. Klasifikasi urutan berdasarkan ukuran dan densitas

Sentrifugal digunakan untuk mengklasifikasikan padatan berdasarkan ukuran. Salah satu penerapannya adalah klasifikasi kristal berdasarkan ukuran, di mana fase ringan meluas ke kisaran sub-mikron dan ukuran yang lebih besar dipisahkan ke dalam fase berat. Salah satu padatan akan dipisahkan sebagai produk. Misalnya, kristal besar dapat

diubah menjadi kristal produktif dan kristal yang baik dapat dikembalikan ke kristal untuk menumbuhkan kristal yang lebih besar. Penerapan serupa lainnya yaitu klasifikasi ukuran puing-puing sel kecil dalam fase air berdasarkan berat produk setelah homogenisasi sel.

c. Menghilangkan partikel kebesaran dan asing (*Degritting*)

Proses ini mirip dengan klasifikasi, dimana partikel yang tidak diinginkan, terutama yang lebih besar dan lebih padat, disaring dan diendapkan, sementara partikel yang lebih kecil atau kurang padat dialirkan ke fase cair yang lebih ringan. Dalam kondisi lain, partikel kecil yang tidak diinginkan dipisahkan dalam fase cair ringan, sedangkan padatan berat yang berguna diendapkan dalam fase berat.

d. Penebalan atau menghapus konsentrasi cair

Sentrifugasi sering digunakan untuk memusatkan fase padat dengan cara mengendapkan dan memadatkannya, sambil menghilangkan kelebihan fase cair dalam proses tersebut. Hal ini mengurangi volume produk dalam pemrosesan konsentrasi padat.

e. Pemisahan kotoran dengan mencuci atau pengenceran (*Repulping*)

Dalam kasus suspensi pekat yang mengandung pengotor, seperti garam dan ion, suspensi diencerkan dan dicuci sehingga pengotor larut dalam cairan pencuci. Kemudian suspensi disentrifugasi untuk menghilangkan cairan pencuci atau partikel halus yang tersuspensi di dalamnya. Sentrifugasi dapat digunakan untuk memekat produk lebih lanjut.

## H. Perbandingan Hasil Penelitian Sebelumnya

**Tabel 3.** Perbandingan Pada Penelitian selanjutnya

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Nur Adi, Jangga, Faedatul Isma	2019	Perbedaan kadar kolesterol dan trigliserida serum dari darah yang dibekukan sebelum disentrifus dan yang langsung disentrifus	Kadar trigliserida dalam darah yang segera disentrifugasi cenderung lebih rendah dibandingkan darah yang dibiarkan membeku selama 30 menit sebelum sentrifugasi.
2	Fadhilah F, Riyani A & Nopiani A	2019	Efektifitas suhu dan lama penyimpanan pada preparasi sampel darah terhadap volume serum pada pemeriksaan kadar glukosa puasa, kolesterol total dan trigliserida. Jurnal Teknologi Kesehatan	Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada waktu pengambilan sampel kurang dari 30 menit untuk kadar trigliserida.
3	Familianti, reni junika, Sari, I., & Bastian	2021	Perbedaan Kadar Trigliserida Pada Sampel Darah Segera Disentrifugasi Dan Sampel Darah Dibekukan Selama 20 Menit Sebelum Disentrifugasi	Tidak ada perbedaan signifikan pada kadar trigliserida ketika preparasi sampel ditunda selama kurang dari 30 menit.
4.	Sebayang	2020	Analisis Lactat Dehydrogenase dalam Serum Darah Menggunakan Sentrifugasi	Kadar trigliserida dalam darah yang ditunda selama 30 menit sebelum disentrifugasi memiliki hasil lebih rendah bila

				dibandingkan dengan kadar trigliserida yang langsung disentrifugasi
--	--	--	--	---