

BAB II

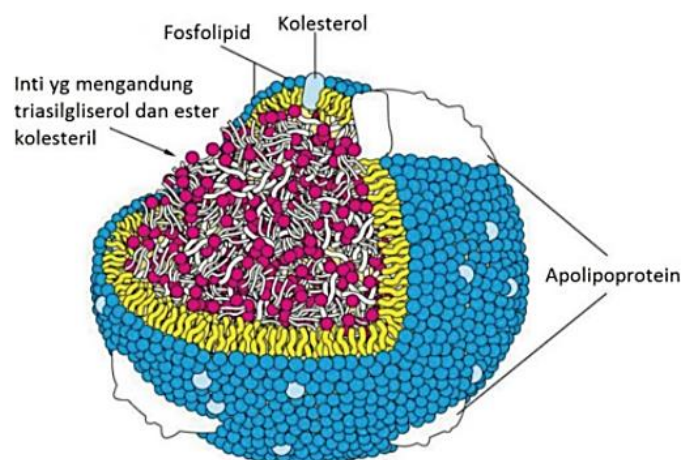
TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Lipoprotein

a. Pengertian

Lipoprotein merupakan kumpulan protein untuk mengangkut lipid hidrofobik seperti trigliserida, fosfolipid dan kolesterol yang dibentuk pada usus halus dan hati. Struktur inti bagian dalam lipoprotein bersifat hidrofobik sedangkan kulit bagian luar bersifat hidrofilik. Lipoprotein berperan sebagai alat transportasi lemak hidrofobik di dalam darah yang terdiri dari trigliserida dan ester kolesterol dan penyusun dari kulit lipoprotein terdiri dari lemak hidrofilik yang terdiri dari kolesterol bebas dan fosfolipid. Selain itu, ada juga protein hidrofilik atau apolipoprotein. (Purba dkk., 2021). Berikut gambar penjelasan mengenai struktur lipoprotein.



Gambar 1. Struktur Lipoprotein
Sumber: Hastuti dkk, 2021

b. Susunan Lipoprotein

Berat atau kepadatan (densitas) lipoprotein ditentukan oleh protein. Semakin sedikit protein berarti makin ringan dan makin empuk (*low density*) lipoprotein tersebut dan tentu saja kadar lemaknya menjadi lebih banyak. Sebaliknya, lipoprotein yang lebih banyak mengandung protein akan mengandung lebih sedikit lemak yang membuatnya menjadi molekul lebih berat dan lebih padat (*high density*) (Tandra, 2021). Berdasarkan susunan kepadatannya, lipoprotein dapat dibagi menjadi:

- 1) *High density lipoprotein* (HDL) disebut sebagai kolesterol baik karena melindungi tubuh dari penyakit aterosklerosis. Lipoprotein ini memiliki struktur protein dan fosfolipid (mayoritas); beberapa kolesterol dan sedikit trigliserida. HDL disekresi oleh epitel pada usus dan hati dan memiliki fungsi sebagai pengangkut kolesterol dari jaringan perifer.
- 2) *Low density lipoprotein* (LDL) muncul dari IDL. Berfungsi mengangkut kolesterol dari hati ke jaringan perifer dan arteri yang tersusun dari kolesterol, beberapa fosfolipid dan protein serta sedikit trigliserida. Penumpukan LDL akan menyebabkan jantung dan stroke akibat terbentuknya plak kolesterol di arteri perifer. Sebab itu, LDL disebut juga sebagai kolesterol jahat.
- 3) *Intermediate density lipoprotein* (IDL) memiliki proporsi yang sama pada komponen penyusunnya. IDL tersusun dari kolesterol,

protein, trigliserida dan fosfolipid yang berfungsi mengangkut kolesterol dan trigliserida ke hati serta berfungsi untuk mendegradasi VLDL menjadi IDL.

- 4) *Very low density lipoprotein* (VLDL) disekresi oleh hati dan berperan dalam mengangkut trigliserida dari hati ke jaringan perifer. Memiliki beberapa komponen penyusun, antara lain trigliserida dengan jumlah banyak, fosfolipid dan kolesterol dengan jumlah sedikit serta beberapa protein.
- 5) Kilomikron disekresi oleh sel epitel usus halus ke limfa. Tersusun atas trigliserida dengan komponen terbanyak, protein jumlah sedikit, kolesterol dan fosfolipid jumlah sangat sedikit yang berfungsi untuk mengangkut kolesterol ke dalam hati dalam bentuk sisa kilomikron dan untuk mengangkut trigliserida yang diperoleh dari sumber makanan dari usus halus ke jaringan perifer (Purba dkk., 2021).

2. *Low Density Lipoprotein* (LDL)

Low Density Lipoprotein (LDL) merupakan lipoprotein yang berperan dalam pengangkutan fraksi lemak, terutama kolesterol dari hati menuju ke sel perifer. LDL memiliki sifat yang tidak stabil sehingga mudah teroksidasi, inilah yang menjadi penyebab utama dalam pembentukan plak aterosklerosis. Oleh karena itu, LDL biasa disebut sebagai “kolesterol jahat” karena berperan dalam proses penimbunan lemak pada pembuluh darah. Kandungan lipoprotein dalam LDL sebesar

5-10% trigliserida, 40-50% kolesterol dan 20-25% fosfolipid (Tabel 1.) (Astawan, 2020). Sekitar 60 – 70% dari total serum kolesterol merupakan LDL. Lipoprotein ini mengandung satu apolipoprotein yaitu Apo B-100 (Apo-B) yang mengatur proses metabolisme LDL (Tjokprawiro dkk., 2015). Apo B-100 termasuk bagian dari partikel yang berasal dari hati seperti LDL, IDL dan VLDL yang berfungsi sebagai media endositosis yang berikatan dengan reseptor LDL pada hati dan jaringan ekstrahepatik (Purba dkk., 2021).

Tabel 1. Komposisi Lipoprotein

Lipid	Kilomikron	VLDL	IDL	LDL	HDL
Densitas (g/mL)	< 0,95	0,95 – 1,006	1,006 – 1,019	1,019 – 1,063	1,063 – 1,210
Protein	2%	8%	15%	22%	40 – 50%
Trigliserida	86%	55%	31%	6%	4%
Kolesterol bebas	2%	7%	7%	8%	4%
Kolesterol ester	3%	12%	23%	42%	12 – 30%
Fosfolipid	7%	18%	22%	22%	25 – 30%

Sumber: Vance dan Vance, 1996

LDL berasal dari katabolisme VLDL yang paling banyak mengandung kolesterol. Sebagian kolesterol di LDL akan dibawa ke hati dan jaringan steroidogenik lainnya seperti kelenjar adrenal, testis dan ovarium yang mempunyai reseptor untuk kolesterol LDL. Sebagian lagi akan mengalami oksidasi dan ditangkap oleh *reseptor scavenger-A* (SR-A) di makrofag dan akan menjadi sel busa (*foam cell*). Makin banyak kadar kolesterol LDL maka semakin banyak yang akan mengalami

oksidasi dan ditangkap oleh makrofag. Jumlah kolestrol yang teroksidasi tergantung dari banyaknya kandungan LDL (Wijaya, 2002).

Secara lebih spesifik, fungsi utama dari LDL adalah untuk mengangkut kolesterol dari hati ke jaringan dengan menggabungkannya ke dalam membran sel. LDL banyak terdapat dalam makanan yang mengandung lemak atau kolesterol tinggi (Heslet, 2007).

Pemeriksaan LDL digunakan untuk mengevaluasi risiko aterosklerosis, khususnya apabila ada riwayat keluarga yang menderita penyakit tersebut maupun untuk mendiagnosis abnormalitas pada lipoprotein tertentu terutama *low density lipopotein* (Muttaqin, 2008).

Kadar LDL dalam darah umumnya ditentukan dengan menggunakan standar dari *National Institute of Health* (NIH) seperti yang tertera pada Tabel 2. Acuan dari NIH digunakan oleh berbagai instansi kesehatan di banyak negara (Nilawati dkk., 2008).

Tabel 2. Nilai Rujukan Kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL)

Kadar LDL (mg/dL)	Keterangan
≤ 130	Normal
131 – 159	Batas Tinggi
≥ 160	Tinggi

Sumber: Nilawati dkk., 2008

3. Serum

a. Pengertian

Serum adalah bagian cair darah yang tidak mengandung sel-sel darah dan faktor-faktor pembekuan darah. Serum didapatkan dari

spesimen darah yang tidak ditambahkan antikoagulan sehingga darah akan membeku dalam waktu 15 – 30 menit. Darah yang membeku dilakukan sentrifugasi, sehingga terjadi pemisahan antara cairan dan sel-sel darah. Cairan kuning hasil sentrifugasi disebut sebagai serum darah (Nugraha, 2015).

Pemisahan serum dilakukan paling lambat dalam waktu 2 jam setelah pengambilan spesimen (Kemenkes, 2013). Serum yang dibekukan dalam kurun waktu kurang dari 30 menit akan cenderung mempertahankan elemen seluler dan kontaminan lain yang akan mempengaruhi hasil analisis. Sedangkan serum yang dibekukan lebih dari 60 menit akan mengalami lisis karena melepaskan komponen seluler yang biasanya tidak ditemukan di dalam serum (Tuck dkk., 2009).

b. Perbedaan Serum dan Plasma

Serum dan plasma memiliki perbedaan yaitu plasma mengandung protein terlarut seperti fibrinogen dan berbagai protein lainnya, sementara serum tidak mengandung fibrinogen tetapi mengandung semua protein lainnya. Fibrinogen dikonversi menjadi fibrin yang tidak larut dan bersama dengan eritrosit membentuk bekuan darah (Riswanto, 2013). Perbedaan serum dan plasma dapat dilihat lebih jelas pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan Plasma dan Serum

Ciri	Plasma	Serum
Warna	Agak kuning dan jernih	Agak kuning dan jernih
Kekentalan	>kental dari air	>kental dari air
Antikoagulan	Perlu	Tidak perlu
Fibrinogen	Masih ada	Tidak ada
Serat fibrin	Tidak ada	Ada dalam gumpalan
Pemisahan sel	Pemusingan	Penggumpalan spontan
Sel terkumpul dalam Suspensi kembali sel	Endapan (sedimen) Dapat	Gumpalan Tidak dapat

Sumber: Sadikin, 2002

Dari tabel tampak jelas bahwa plasma dan serum tidak dapat dibedakan secara kasat mata. Penggumpalan atau koagulasi spontan pada plasma dapat dicegah dengan senyawa tertentu yang disebut antikoagulan. Plasma memisahkan sel darah dengan bentuk endapan sel utuh yang dapat disuspensikan kembali dan digunakan untuk berbagai tujuan. Sel-sel tersebut dapat digunakan untuk analisis biokimia sel yang rinci, untuk tujuan penyelidikan imunologi sel darah dan sebagainya. Dalam skala besar, sel darah yang diendapkan dalam pembuatan plasma dapat dipisahkan dan dipakai kembali untuk tujuan transfusi yang dinamai sebagai *packed cell*. Sebaliknya, sel-sel yang terjebak dalam serat fibrin dimampatkan dan diperas oleh retraksi serat fibrin ketika serat-serat ini membentuk ikatan lintas serat dalam menyusun anyaman fibrin ketika proses pembuatan serum. Sel-sel darah yang menggumpal dalam pembentukan serum tidak dapat dipergunakan lagi untuk berbagai tujuan.

c. Serum yang Mempengaruhi Kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL)

Terdapat beberapa kondisi serum yang mempengaruhi kadar *low density lipoprotein* (LDL), diantaranya:

1) Serum Hemolisis

Hemolisis merupakan keluarnya hemoglobin dan komponen intraseluler lain ke cairan ekstraseluler disekitarnya karena kerusakan membran sel eritrosit. Hemolisis terlihat secara visual sebagai warna merah pada serum atau plasma (Kocak dkk., 2014). Menurut Jonge dkk. (2018) salah satu faktor penyebab serum hemolisis adalah sentrifugasi pada kecepatan yang tinggi dalam waktu yang lama. Perubahan warna menjadi merah yang ada dalam serum inilah dapat menyebabkan terganggunya analisis fotometri karena terjadi gangguan pada pengukuran panjang gelombang dan pembauran cahaya yang disebabkan oleh substansi-substansi pengganggu sehingga hasil pemeriksaan menghasilkan peningkatan palsu (Howaritz dkk., 2015).

2) Serum Ikterik

Serum ikterik merupakan serum dengan warna abnormal (kuning-kecokelatan) yang disebabkan adanya peningkatan kadar bilirubin dalam darah (Kiswari, 2014). Serum ikterik dapat mempengaruhi hasil pengukuran akibat warna kuning cokelat dari spesimen sehingga tidak dapat dibaca oleh spektrofotometer dan hasil pemeriksaan menjadi rendah palsu.

3) Serum Lipemik

Serum lipemik merupakan akumulasi partikel lipoprotein yang berlebih dalam darah sehingga serum menjadi keruh berwarna putih susu. Penyebab utamanya adalah partikel besar lipoprotein yaitu kilomikron. Lipoprotein lainnya seperti VLDL, LDL, HDL dan trigliserida juga dapat menyebabkan serum lipemik tetapi bukan merupakan penyebab utama (Izzati, 2018). Darah yang disentrifugasi telah menjadi serum dan sudah memisahkan partikel-partikel lipoprotein menurut densitasnya. Lipoprotein akan terletak di bagian atas serum dan membentuk lapisan krim yang berbeda mengapung pada serum karena densitas lipoprotein yang rendah. Unsur yang ada di dalam serum didistribusikan di kedua lapisan menurut polaritasnya. Analit yang hidrofobik didistribusikan di fase lipid sedangkan analit yang larut air seperti molekul kecil dan elektrolit tidak dijumpai di lapisan atas (lapisan lemak). Akibatnya ketika pengukuran, dapat menghasilkan hasil pengukuran yang positif palsu untuk pemeriksaan lipid darah karena meningkatnya cahaya yang diabsorpsi dalam fotometer oleh partikel kekeruhan lipemik (Nikolac, 2013).

4. Sentrifus

a. Pengertian

Sentrifus adalah alat yang digunakan untuk memutar darah pada kecepatan putar atau revolusi tertentu (*revolution per minute/RPM*). Gaya sentrifugal yang diciptakan menyebabkan pemisahan sel-sel dan plasma atau serum (Riswanto, 2013). Bahan-bahan terlarut yang memiliki berat jenis yang berbeda-beda akan mengendap sesuai dengan berat jenis masing-masing bahan (Yuwono, 2009).

Tabung harus tetap ditutup selama sentrifugasi untuk mencegah kontaminasi, penguapan, pembentukan aerosol (substansi yang dilepaskan dalam bentuk kabut halus) dan perubahan pH. Jika sumbat dilepaskan untuk aliquot, tabung harus ditutup kembali atau ditutupi dengan perangkat penutupan yang cocok setelah selesai. Penggunaan tongkat aplikator untuk “pelek” atau melepaskan bekuan berpotensi menjadi sumber kontaminasi serta hemolisis dan tidak dianjurkan.

Saat sentrifugasi, harus diperhatikan bahwa tabung berukuran yang sama dengan volume spesimen yang sama harus ditempatkan berlawanan satu sama lain atau seimbang dalam sentrifus. Apabila tidak seimbang dapat menyebabkan pecahnya tabung spesimen, merusak spesimen dan menyebabkan pembentukan aerosol. Sentrifus harus tetap tertutup selama proses sentrifugasi dan tidak boleh dibuka sampai rotor benar-benar berhenti berputar. Jika hanya ada satu

tabung berisi spesimen yang akan disentrifugasi, seimbangkan dengan tabung sejenis yang diisi air dengan volume sama dengan spesimen.

Sentrifugasi terhadap setiap spesimen hanya dilakukan sekali. Sentrifugasi yang berulang dapat menimbulkan risiko hemolisis dan perubahan analit yang dapat memengaruhi hasil tes karena mesin pemisah menghasilkan panas selama pengoperasian. Spesimen yang memerlukan suhu dingin harus disentrifugasi dalam *refrigerated centrifuge* yang terkontrol suhunya.

Sampel darah yang mengandung EDTA tidak boleh disentrifugasi. Spesimen untuk pemeriksaan yang memerlukan plasma ditampung dalam tabung yang berisi antikoagulan (misalnya natrium sitrat) disentrifugasi tanpa penundaan waktu (Riswanto, 2013).

b. Fungsi Sentrifus

Sentrifus merupakan alat dengan fungsi untuk memisahkan larutan, mengendapkan suatu zat terlarut (seperti *deoxyribonucleic acid* (DNA), *ribonucleic acid* (RNA), sel dengan komponen-komponen penyusunnya dalam suatu suspensi, dan lain-lain) atau untuk mengumpulkan larutan yang terdapat di dinding tabung (*Eppendorf* atau tabung reaksi) ke dasar tabung (Maftuchah dkk., 2014).

c. Jenis-jenis Sentrifus dan Rotor

Menurut Bintang (2018), sentrifus terbagi menjadi 4 kelompok besar, yaitu:

1) Sentrifus Klinik

Sentrifus yang sering digunakan di laboratorium diagnostik klinik karena sederhana dan relatif murah. Sentrifus ini mampu mengendapkan partikel besar dengan cepat seperti sel *yeast* dan eritrosit. Sentrifus klinik mempunyai kecepatan maksimum sebesar 6000 rpm, biasanya tidak memiliki pendingin dan volume maksimum sebesar 10 mL.

2) Sentrifus Mikro

Digunakan untuk mengumpulkan material atau partikel besar yang mengendap dengan cepat seperti eritrosit, sel *yeast*, sel bakteri, nukleus dan kloroplas. Sentrifus mikro memiliki kecepatan maksimum 12.000 rpm dan volume maksimum sebesar 1,5 mL serta waktu putaran yang singkat.

3) Sentrifus Berpendingin Berkecepatan Tinggi

Digunakan untuk mengumpulkan mikroorganisme, sel debris, organel sel yang lebih besar dan mengendapkan protein dengan amonium sulfat. Sentrifus ini memiliki kecepatan maksimum 25.000 rpm, gaya sentrifugal sekitar 60.000 g dan tidak efektif untuk mengendapkan virus atau organel yang lebih kecil seperti ribosom.

4) Ultrasentrifus Preparatif

Merupakan alat sentrifus yang digunakan dalam penelitian biokimia dan klinik dengan jumlah sampel yang besar. Penelitian yang menggunakan sentrifus ini misalnya penelitian hormon

steroid, pemisahan fraksi lipoprotein dari plasma dan deproteinisasi cairan untuk analisis asam amino. Ultrasentrifus preparatif memiliki kecepatan maksimum hingga 80.000 rpm dengan rotor 8 cm dan gaya sentrifugal 600.000 g serta berpendingin.

5) Ultrasentrifus Analitik

Merupakan sentrifus mahal, berpendingin dan dapat memisahkan organel-organel kecil seperti mikrosom, ribosom, RNA dengan isotop ^{15}N dan DNA dengan isotop ^{14}N . Ultrasentrifus analitik memiliki kecepatan hingga 70.000 rpm dengan gaya sentrifugal 500.000 g.

Jenis-jenis rotor pada sentrifus:

1) *Swing Out* atau *Horizontal Rotor*

Merupakan rotor yang menghasilkan butiran endapan yang terdistribusi secara merata dan dapat disesuaikan dengan berbagai tabung sehingga dapat digunakan untuk volume tunggal yang besar. Namun rotor jenis ini memiliki kecepatan yang terbatas, menimbulkan gesekan yang tinggi dan terdapat bagian bergerak yang lebih banyak.

2) *Fixed Angle Rotor*

Rotor jenis ini dapat berkecepatan tinggi, memberikan jalur pemisahan yang lebih pendek, memberikan dukungan *tube* yang lebih maksimum dan menghasilkan gesekan dan panas yang lebih

sedikit. Kerugian jenis ini dapat menghasilkan butiran endapan yang tidak rata, memiliki kapasitas yang terbatas dan membuat *tube* menerima tekanan yang tinggi.

3) *Drum Rotor*

Dapat menghasilkan butiran endapan yang berdistribusi merata dan memiliki kapasitas yang besar tetapi tidak dapat menghasilkan tenaga yang sama dengan *fixed angle rotor* dan tidak dapat digunakan untuk *micro-volume tube*.

4) *Windshield Rotor*

Rotor dapat mengurangi gesekan dan panas sehingga dapat meningkatkan kecepatan potensial dari *swing out rotor*. Kerugian rotor ini dapat meningkatkan *cost rotor*, meningkatkan berat rotor dan memerlukan tempat yang lebih besar untuk menampung *winshield*.

d. Prinsip Kerja Sentrifus

Partikel yang tersuspensi di dalam suatu wadah misalnya tabung, akan mengendap ke dasar wadah karena pengaruh gravitasi. Gaya inilah yang disebut sebagai gaya sentrifugal (Yuwono, 2009).

Menurut Yuwono (2009), memberikan penjelasan bahwa kecepatan proses pengendapan (sedimentasi) suatu partikel atau molekul yang disentrifugasi dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu:

1) Berat Molekul (BM)

Semakin tinggi BM-nya maka kecepatan yang diperlukan juga akan semakin tinggi.

2) Bentuk Partikel

Gerakan suatu partikel cairan akan dipengaruhi oleh gaya gesekan. Partikel yang memiliki bentuk lebih padat akan bergerak lebih cepat di dalam cairan dibandingkan dengan partikel lain yang bentuknya kurang padat meskipun BM-nya sama.

e. Kalibrasi Sentrifus

Menurut Permenkes Nomor 43 Tahun 2013, kalibrasi sentrifus dilakukan dengan mengukur kecepatan per menit dan waktu. Pada *refrigerated centrifuge* selain kalibrasi rpm dan waktu juga perlu kalibrasi suhu.

1) Kalibrasi rpm

Dapat dilakukan dengan menggunakan:

a) *Tachometer* mekanik yaitu dengan kabel yang lentur.

Cara:

- (1) Ujung kabel yang satu dikaitkan pada kumparan motor di dalam, sedangkan ujung yang lain dihubungkan dengan alat meter.
- (2) Set sentrifus pada rpm tertentu, kemudian jalankan.
- (3) Catat rpm yang ditunjukkan oleh meter pada *tachometer*.
- (4) Ulangi beberapa kali lalu hitung rata-ratanya.

b) *Tachometer* elektrik

Cara:

- (1) Letakkan bagian magnet di sekeliling kumparan, sehingga menimbulkan aliran listrik bila alat dijalankan.
- (2) Set sentrifus pada rpm tertentu.
- (3) Aliran listrik yang timbul akan menggerakkan bagian meter.
- (4) Catat rpm yang ditunjukkan oleh meter pada *tachometer*.
- (5) Ulangi beberapa kali lalu hitung nilai rata-ratanya

c) *Strobe light*

Alat ini digunakan bila *tachometer* tidak dapat menjangkau motor. Pemeriksaan dilakukan beberapa kali dan hitung nilai rata-rata.

Kecepatan putar/rpm masih dapat diterima bila penyimpangan nilai rata-rata tidak lebih dari 5%.

2) Kalibrasi alat pencatat waktu (*timer*)

Dapat dilakukan dengan menggunakan *stopwatch* dengan cara:

- (1) Set sentrifus pada waktu yang sering dipakai, misalnya 5 menit.
- (2) Jalankan alat dan bersamaan dengan itu jalankan *stopwatch*.
- (3) Pada waktu sentrifus berhenti, matikan *stopwatch*, catat waktu yang ditunjukkan *stopwatch*.
- (4) Ulangi beberapa kali, hitung nilai rata-rata.

Alat pencatat waktu (*timer*) masih dapat diterima bila penyimpangan nilai rata-rata tidak lebih dari 10%.

5. Hubungan Kecepatan Sentrifugasi pada Serum Darah dengan Kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL)

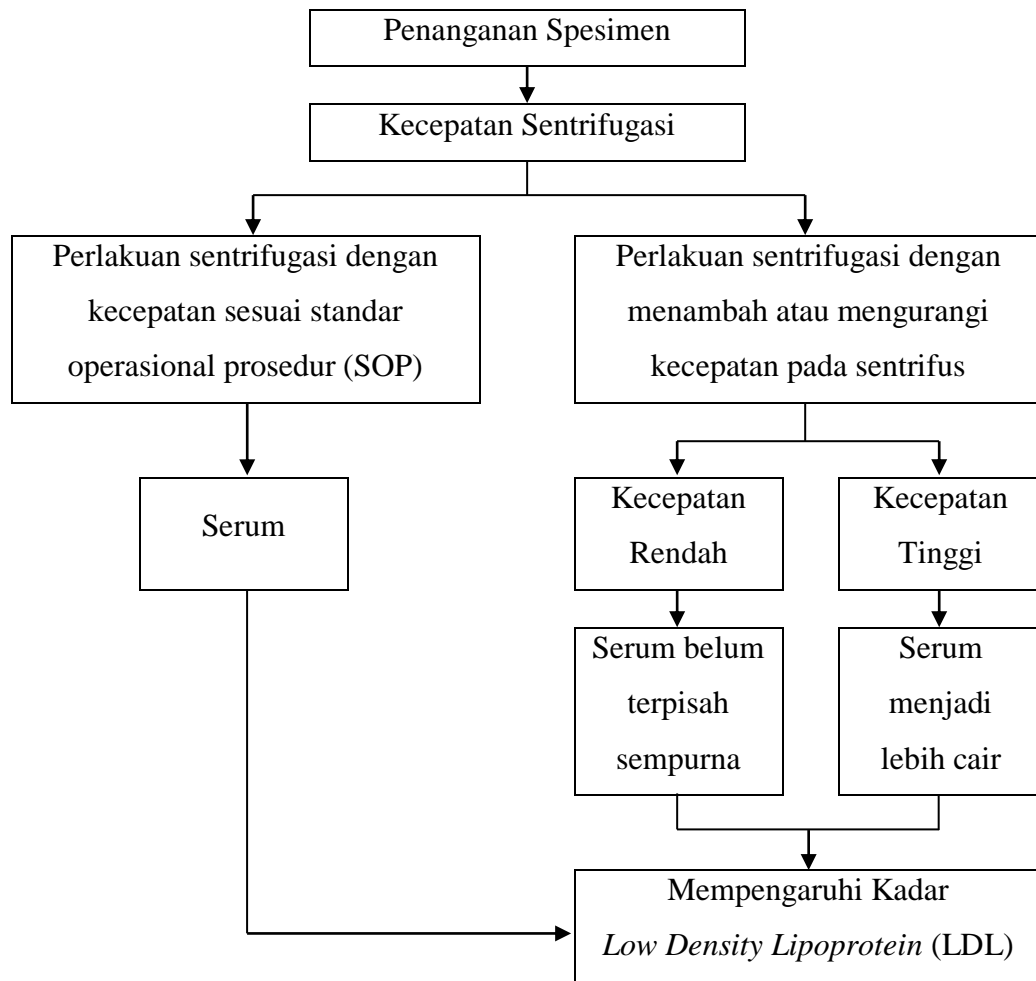
Low Density Lipoprotein (LDL) memiliki berat molekul sekitar 2.000.000 dan berat jenis sebesar 1,019 – 1,063. Bila digradasi dalam satuan Svedberg (S_f), LDL memiliki S_f 0 – 20 yang berarti mempunyai densitas relatif yang sama seperti plasma bebas protein (Baron, 2013). Sehingga lipoprotein pada LDL akan terletak di bagian atas serum karena densitasnya.

Apabila rotor pada sentrifus dijalankan, protein akan bergerak melalui gradien dan terpisah berdasarkan koefisien sedimentasinya (Stryer, 2000). Dalam hal ini, sampel serum yang mengandung lipoprotein, disentrifugasi pada kecepatan yang relatif rendah agar sedimentasi diimbangi dengan difusi sehingga struktur multimerik asli protein yang ada pada lipoprotein masih terjaga dan tidak rusak. Proses sentrifugasi yang menyebabkan kehilangan sebagian komponen protein yang melekat pada kompleks LDL terjadi melalui pelepasan protein terkait yang diikuti oleh gangguan pada fragmen LDL yang lebih ringan sehingga kecepatan sentrifugasi yang lebih cepat dapat mempengaruhi partikel LDL (Munroe dkk., 2015).

Kecepatan dan waktu sentrifugasi yang terlalu singkat akan menyebabkan serum dan zat-zat yang terkandung didalamnya tidak

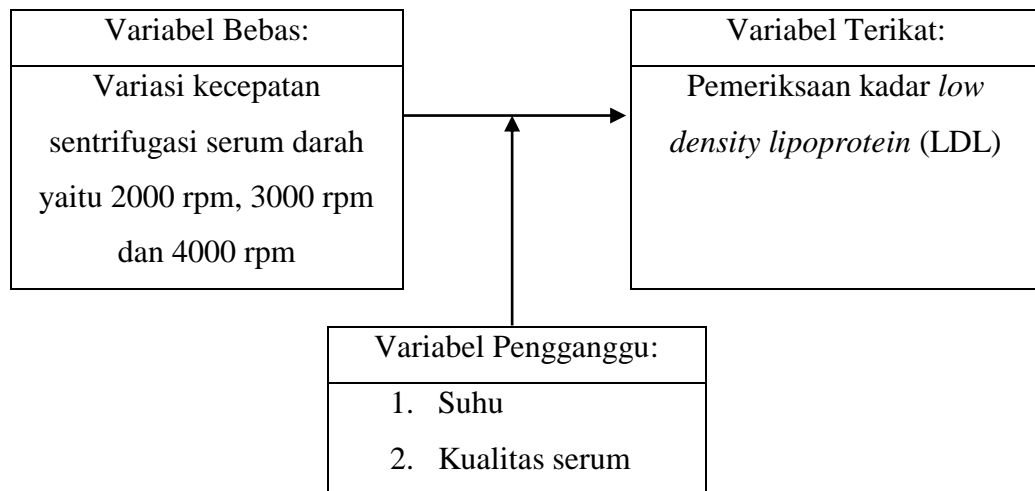
terpisah sempurna dari sel-sel darah sehingga akan menyebabkan hasil peningkatan palsu, sementara itu kecepatan dan waktu sentrifugasi yang terlalu lama menyebabkan cairan intraseluler pada darah akan keluar dan menambah air pada serum sehingga konsentrasinya LDL menjadi turun (Nugroho, 2015). Selain itu, kecepatan sentrifugasi perlu diperhatikan agar serum tidak hemolisis akibat sentrifugasi pada kecepatan yang tinggi dalam waktu yang lama. Perubahan warna menjadi merah yang ada dalam serum inilah dapat menyebabkan terganggunya analisis fotometri karena terjadi gangguan pada pengukuran panjang gelombang dan pembauran cahaya yang disebabkan oleh substansi-substansi pengganggu sehingga hasil pemeriksaan menghasilkan peningkatan palsu (Howaritz dkk., 2015).

B. Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel



Gambar 3. Hubungan Antar Variabel

D. Hipotesis

Ada perbedaan kadar *low density lipoprotein* (LDL) pada serum yang disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm selama 10 menit.