

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Laboratorium Klinik

Laboratorium klinik adalah laboratorium kesehatan yang melaksanakan pelayanan, pemeriksaan spesimen klinik untuk mendapatkan informasi tentang kesehatan perorangan, terutama untuk menunjang upaya diagnosis penyakit, penyembuhan penyakit, dan pemulihan kesehatan (Utami, T. N.; Abidin, A. R.; Candra, 2021). Dalam konteks pelayanan kesehatan modern, laboratorium klinik dituntut untuk menerapkan sistem manajemen mutu yang berstandar nasional maupun internasional, seperti ISO 15189:2012, yang menjamin validitas hasil pemeriksaan serta keselamatan pasien (WHO, 2020). Selain itu, penggunaan teknologi otomatisasi dan digitalisasi juga semakin berkembang dalam laboratorium klinik untuk meningkatkan efisiensi dan meminimalkan kesalahan manusia) (Widodo, T. & Hidayah, 2022).

Jenis-jenis laboratorium klinik dapat dibedakan berdasarkan lingkup pelayanannya, yaitu laboratorium klinik pratama, madya, dan utama. Laboratorium klinik pratama biasanya melakukan pemeriksaan dasar seperti hematologi, urin rutin, dan kimia klinik sederhana. Sementara itu, laboratorium klinik utama memiliki kemampuan lebih luas,

mencakup pemeriksaan mikrobiologi, imunologi, toksikologi, hingga analisis molekuler (Permenkes RI, 2010) Secara keseluruhan keberadaan laboratorium klinik tidak hanya berfungsi sebagai tempat pemeriksaan spesimen, tetapi juga sebagai pusat data ilmiah yang berkontribusi terhadap penelitian kesehatan, surveilans penyakit, serta pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang kedokteran dan kesehatan masyarakat (Hidayat, 2021)

2. Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis adalah teknik penting dalam ilmu laboratorium untuk memvisualisasikan detail struktur seluler dengan resolusi tinggi menggunakan mikroskop cahaya, di mana objektif imersi 100x dimanfaatkan untuk mencapai *Numerical Aperture* (NA) maksimal sekitar 1,25-1,4 melalui penerapan minyak imersi yang mengurangi refraksi cahaya antar lensa, kaca preparat, dan spesimen, sehingga meningkatkan. Prosedur pengamatan dimulai dari pemilihan area monolayer pada pembesaran rendah (40x), kemudian dilanjutkan ke total 1000x ($100x \text{ objektif} \times 10x \text{ okuler}$) dengan penyesuaian fokus halus, intensitas cahaya, dan diafragma iris guna mengamati morfologi sel darah seperti eritrosit (ukuran, bentuk, inklusi), leukosit (segmentasi nukleus, granula sitoplasma), serta trombosit (jumlah relatif, distribusi) secara jelas tanpa artefak bayangan atau silaukontras, ketajaman, serta kecerahan gambar hingga 20-30% (Sihombing, 2024)

3. Mikroskop

a. Pengertian Mikroskop Cahaya

Mikroskop cahaya adalah perangkat optik yang menggunakan cahaya tampak untuk melihat objek yang tidak tampak dengan mata telanjang, memungkinkan pengamatan struktur seluler dan mikroskopis pada preparat biologis dengan resolusi hingga 0,2 mikrometer (Merlina, 2021). Prinsip kerja mikroskop cahaya didasarkan pada pembiasan dan pembentukan bayangan oleh sistem lensa. Cahaya dari sumber pencahayaan diarahkan melalui kondensor menuju preparat, kemudian diteruskan ke lensa objektif untuk membentuk bayangan yang selanjutnya diperbesar oleh lensa okuler. Kombinasi kedua lensa tersebut menghasilkan bayangan yang tampak lebih besar, sehingga detail struktur sel dan jaringan dapat diamati dengan jelas.

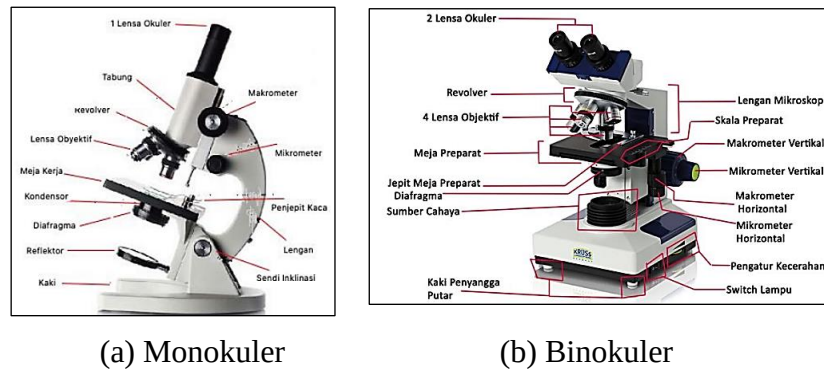
Menurut Nugroho (2019), mikroskop cahaya disebut juga mikroskop optik karena sumber pencahayaannya menggunakan cahaya tampak (*visible light*). Alat ini memiliki dua sistem lensa utama, yaitu lensa objektif yang berfungsi memperbesar bayangan benda, dan lensa okuler yang memperbesar bayangan hasil lensa objektif agar dapat diamati oleh mata. Prinsip kerja mikroskop cahaya didasarkan pada pembentukan bayangan nyata, terbalik, dan diperbesar melalui kombinasi kedua lensa tersebut.

b. Klasifikasi Mikroskop Cahaya

Klasifikasi mikroskop cahaya merupakan pengelompokan berbagai jenis mikroskop yang memanfaatkan cahaya sebagai sumber penerangan untuk mengamati objek mikroskopis dengan tingkat pembesaran tertentu. Mikroskop monokuler adalah mikroskop dengan satu lensa okuler yang digunakan untuk melihat detail struktur sel hingga pembesaran sekitar 1000 kali. Meskipun sederhana, alat ini mampu menghasilkan citra yang cukup jelas untuk kegiatan pembelajaran dan praktikum dasar.

Sementara itu, mikroskop binokuler memiliki dua lensa okuler yang memungkinkan pengamatan dengan kedua mata, memberikan kenyamanan serta kesan tiga dimensi yang lebih baik dibandingkan mikroskop monokuler. Berdasarkan penelitian, mikroskop binokuler modifikasi memiliki keunggulan dalam menampilkan warna, bentuk, isi sel, dan pencahayaan objek dibandingkan versi standar, terutama pada pengamatan plankton (Merlina, 2021).

c. Komponen Utama Mikroskop



Gambar 1. Komponen - Komponen Mikroskop
Sumber : Alianto dkk., 2025

Secara umum bagian-bagian mikroskop dibagi menjadi dua, yakni optik dan non-optik. Bagian optik mikroskop terdiri atas lensa okuler, lensa objektif, diafragma, kondensor, dan reflektor. Sedangkan, komponen non-optik mikroskop terdiri atas revolver, tabung mikroskop, makrometer, mikrometer, meja kerja, lengan mikroskop, dan kaki mikroskop (Bain, 2015). Adapun beberapa komponen-komponen utama mikroskop binokuler diantaranya :

1) Lensa Okuler

Lensa okuler merupakan bagian mikroskop yang terletak di bagian paling atas dan berfungsi memperbesar bayangan objek yang telah dibentuk oleh lensa objektif. Bayangan yang dihasilkan bersifat maya, tegak, dan diperbesar, sehingga dapat diamati langsung oleh pengamat. Umumnya lensa okuler memiliki perbesaran 5x, 10x, 12,5x, atau 16x tergantung jenis mikroskop.

2) Lensa Objektif

Lensa objektif berada di bawah revolver dan dekat dengan preparat. Lensa ini membentuk bayangan pertama yang nyata, terbalik, dan diperbesar. Perbesaran lensa objektif antara lain 5x, 10x, 20x, 50x, dan 100x.

3) Reflektor

Reflektor berfungsi memantulkan cahaya ke arah preparat. Terdapat dua jenis reflektor, yaitu cermin datar untuk kondisi cahaya cukup terang dan cermin cekung untuk mengumpulkan cahaya saat intensitas rendah.

4) Diafragma

Diafragma mengatur jumlah cahaya yang mengenai preparat dengan cara diputar ke kanan atau kiri. Letaknya berada di bawah kondensor.

5) Kondensor

Kondensor mengumpulkan dan memfokuskan cahaya dari reflektor ke preparat sehingga pencahayaan lebih optimal.

6) Tabung Mikroskop

Menghubungkan lensa objektif dan lensa okuler serta meneruskan cahaya di antara keduanya.

7) Makrometer

Digunakan untuk mengatur fokus secara cepat dengan menaikkan atau menurunkan tabung mikroskop.

8) Mikrometer

Berfungsi mempertajam bayangan dengan penyesuaian fokus secara perlahan.

9) Revolver

Tempat melekatnya lensa objektif dan digunakan untuk mengganti perbesaran sesuai kebutuhan.

10) Meja Mikroskop

Merupakan alas tempat preparat diletakkan, dilengkapi dengan penjepit (klip) agar preparat tidak bergeser.

11) Penjepit Preparat

Penjepit preparat berfungsi untuk menjepit preparat agar tidak mudah bergeser selama proses pengamatan.

12) Lengan Mikroskop

Menyambungkan bagian optik dan non-optik serta berfungsi sebagai pegangan saat memindahkan mikroskop.

13) Kaki Mikroskop

Sebagai penopang utama agar mikroskop berdiri stabil.

14) Sendi Inklinasi

Mengatur kemiringan mikroskop untuk kenyamanan pengamat.

15) *Switch* Lampu dan Pengatur Kecerahan

Digunakan untuk menyalakan lampu mikroskop dan menyesuaikan intensitas cahaya sesuai kebutuhan pengamatan.

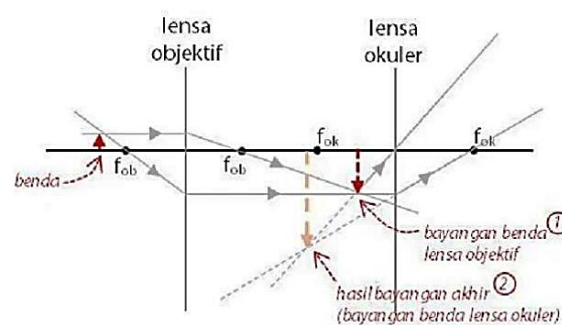
d. Peran Mikroskop dalam Pemeriksaan Hematologi

Dalam konteks laboratorium hematologi, mikroskop cahaya menjadi alat penting untuk melakukan pemeriksaan morfologi sel darah tepi, serta pemeriksaan parasit darah. Keakuratan hasil pengamatan mikroskopis sangat bergantung pada kualitas optik mikroskop, kebersihan lensa, pencahayaan yang tepat, serta keterampilan pengguna (Merlina, 2021). Kualitas pengamatan mikroskopis merupakan salah satu aspek penting dalam kegiatan laboratorium, terutama dalam bidang mikroskopis. Kebersihan lensa objektif dan okuler serta pencahayaan yang tepat membantu mengurangi distorsi dan meningkatkan kontras (Alianto dkk., 2025).

Menurut Nugroho (2019) menegaskan bahwa ketidakstabilan posisi atau getaran pada meja mikroskop dapat menurunkan ketajaman bayangan sehingga hasil pengamatan menjadi tidak akurat. Kualitas optik mikroskop seperti lensa dengan kualitas buruk atau terdapat debu dan goresan akan mengurangi resolusi gambar dan menurunkan kontras citra yang diamati (Santoso, T. and Widodo, 2023). Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan ruangan juga berpengaruh terhadap performa mikroskop. Menurut Sari dan Rukmana (2022), perubahan suhu ekstrem dapat menyebabkan pengembunan pada lensa, sedangkan kelembapan tinggi berpotensi menimbulkan jamur pada

permukaan optik mikroskop. Serta, mikroskop yang tidak dikalibrasi secara berkala atau kurang perawatan akan menurunkan akurasi dan kualitas fokus selama pengamatan (Kusuma, 2024).

e. Perbesaran Mikroskopis



Gambar 2. Perbesaran Linear Lensa Obyektif
Sumber : Modul Ajar, 2022

Prinsip pengamatan mikroskopis pada sediaan apus darah tepi (SADT) menggunakan lensa objektif 100x didasarkan pada sistem optik mikroskop cahaya yang menerapkan konsep sistem lensa ganda, lensa objektif berfungsi sebagai perbesaran primer yang membentuk bayangan nyata, terbalik, dan diperbesar, sedangkan lensa okuler berfungsi sebagai perbesaran sekunder yang membentuk bayangan maya, tegak, dan diperbesar, sehingga perbesaran total diperoleh dari rumus perbesaran objektif dikali perbesaran okuler, yang pada objektif 100 dan okuler 10 menghasilkan perbesaran 1000x sebagai *gold standard* dalam penilaian sediaan apus darah tepi (Maulidiyanti, 2024).

Penggunaan lensa 100x dengan perbesaran tinggi memerlukan pemahaman tentang daya urai (resolusi) berdasarkan hukum Abbe,

daya resolusi didefinisikan sebagai kemampuan memisahkan dua titik yang berdekatan sehingga menunjukkan hubungan antara panjang gelombang cahaya dengan ketajaman gambar, dan lensa objektif 100 memiliki nilai *Numerical Aperture* (NA) tinggi sebesar 1,25 - 1,30, dibandingkan lensa 10x atau 40x karena kemampuannya mengumpulkan cahaya lebih banyak. Prinsip kerja minyak imersi sangat krusial untuk mengatasi fenomena pembiasan cahaya (refraksi) pada udara akibat perbedaan indeks bias antar kaca preparat ($n \approx 1,515$) dan udara ($n \approx 1,0$) yang menyebabkan kehilangan cahaya akibat pembelokan cahaya pada area kerja sempit, sehingga minyak imersi dengan indeks bias yang sama berfungsi sebagai medium sama yang menyearahkan jalannya sinar lampu mikroskop langsung menuju lensa objektif tanpa refraksi dan mencapai nilai NA maksimal untuk menghasilkan gambar lebih terang dan lebih tajam (Triyani, D. and Izzati, 2023).

4. Minyak Imersi

a. Pengertian Minyak Imersi

Minyak imersi adalah cairan transparan yang digunakan pada mikroskop cahaya untuk meningkatkan kemampuan resolusi mikroskop terutama pada perbesaran tinggi dengan lensa objektif 100x. Minyak ini memiliki indeks bias yang mirip dengan kaca, yaitu sekitar 1,515, sehingga mengurangi pembiasan cahaya antara lensa objektif dan preparat sehingga cahaya dapat lebih efisien

masuk ke lensa, menghasilkan gambar yang lebih jelas dan terang (Mautuka, 2016).

b. Fungsi Minyak Imersi

Penggunaan minyak imersi sangat penting dalam pengamatan mikroorganisme, sel, dan struktur kecil lain karena mampu menghasilkan gambar yang lebih tajam, kontras yang lebih baik, serta memperbesar detail kecil yang tidak mampu terlihat dengan mikroskop tanpa minyak imersi (Muniozguren-Arostegi, B., Muñoz-Marzagon, P., & Faria, 2023). Selain meningkatkan resolusi, minyak ini memiliki sifat optik dan viskositas yang membantu mempertahankan kualitas citra serta melindungi lensa objektif dari gesekan dan kerusakan, sekaligus mengurangi aberasi pada pengamatan berperbesaran tinggi.

c. Syarat Fisik dan Kimia Minyak Imersi

Tabel 1. Syarat Fisik dan Kimia Minyak Imersi

No.	Aspek	Syarat Fisik	Syarat Kimia
1.	Indeks Bias	$n \approx 1,515$	
2.	Viskositas	(100-120 cP)	
3.	Densitas	$\approx 1,021 \text{ g/cm}^3$	
4.	Stabilitas		Stabil, tidak mudah terdegradasi dan teroksidasi
5.	Warna	Transparan, tidak berwarna	
6.	Kontaminan		Bebas partikel
7.	Non-Flouresen		Minim autofluoresensi

Sumber: Cahyaningtyas et al., 2024

d. Parameter Penentuan Kualitas Minyak Imersi

1) Indeks Bias

Indeks bias adalah perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa dan di dalam medium, yang menentukan kemampuan suatu medium membelokkan cahaya. Pada mikroskop, indeks bias minyak imersi yang mendekati kaca membantu mengurangi pembiasan dan meningkatkan ketajaman gambar pada perbesaran tinggi (Putra, A. and Lestari, 2023).

Indeks bias dihitung secara matematis dengan rumus :

$$n = \frac{c}{v}$$

Keterangan :

n : indeks bias

C : kecepatan cahaya di ruang hampa

V : kecepatan cahaya di medium yang diamati

2) Viskositas

Viskositas adalah ukuran resistensi aliran minyak saat digunakan antara lensa objektif dan preparat. Viskositas yang ideal memastikan minyak imersi tersebar stabil, tidak mengganggu kualitas gambar, dan tetap melindungi lensa. Nilainya biasanya diukur dalam centipoise (cP), dengan kisaran sekitar 100 cP pada suhu kamar untuk menjaga kemudahan aplikasi dan kestabilannya (Mautuka, 2016).

Viskositas dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\gamma}{\tau}$$

Keterangan :

η : viskositas (Pa·s atau cP),

γ : tegangan geser (Pa),

τ : laju geser (s⁻¹)

(Mautuka, 2016)

3) Densitas

Densitas adalah massa jenis minyak per satuan volume yang memengaruhi kestabilan lapisan minyak antara lensa dan preparat. Minyak imersi ideal memiliki densitas sekitar 1,02–1,03 g/cm³ pada suhu kamar (23°C) agar lapisan tetap stabil dan tidak menimbulkan distorsi pada citra mikroskop (Mautuka, 2016). Densitas dihitung sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

ρ : densitas (g/cm³),

m : massa minyak (gram),

V : volume minyak (cm³).

(Mautuka, 2016)

4) Dispersibilitas

Dispersibilitas adalah kemampuan minyak untuk menyebar merata pada lensa dan preparat sehingga membentuk lapisan homogen yang mencegah distorsi optik. Sifat ini dipengaruhi oleh tegangan permukaan dan viskositas minyak (Mautuka, 2016).

Meskipun tidak memiliki rumus khusus, kemampuan dispersi dapat dianalisis menggunakan persamaan *Young–Laplace* :

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta$$

Keterangan :

γ_{SV} = tegangan permukaan padatan-vapor,

γ_{SL} = tegangan permukaan padatan-cair,

γ_{LV} = tegangan permukaan cair-vapor,

θ = sudut kontak antara cairan dan padatan

5) Transparansi dan Warna

Transparansi adalah kemampuan minyak untuk meneruskan cahaya tanpa hambatan. Transparansi dinilai melalui absorbansi spektroskopi pada panjang gelombang tertentu. Minyak imersi ideal harus netral dan tidak berwarna agar cahaya dapat lewat tanpa penyerapan atau distorsi yang mengganggu pengamatan (Mautuka, 2016).

5. Tanaman Jarak

a. Klasifikasi



Gambar 3. *Ricinus communis* L

Sumber : Mandal, 2022

Genus *Ricinus* memiliki setidaknya 3 spesies, salah satunya adalah jarak kepyar *Ricinus communis* L. Berikut klasifikasi dari *Ricinus communis* L, yaitu :

Klasifikasi dari *Ricinus communis*

Domain : *Eukaryota*

Kingdom (Kerajaan) : *Plantae*

Subkingdom : *Tracheobionta*

Divisi (Phylum) : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Ordo : *Malpighiales*

Famili : *Euphorbiaceae*

Genus : *Ricinus*

Spesies : *Ricinus communis* L.

b. Morfologi

Tanaman jarak (*Ricinus communis L.*) adalah tumbuhan semak atau pohon kecil dari famili Euphorbiaceae dengan batang tegak, berongga, dan berdiameter 8–24 cm, berwarna hijau kekuningan hingga kemerahan (Amelia, 2025). Akar tanaman tunggang dengan akar lateral yang melebar dan banyak akar rambut, mendukung daya serap nutrisi dan air yang efisien (Amelia, 2025). Tanaman ini memiliki bunga majemuk berumah satu berwarna kuning kehijauan dengan tangkai 6–23 mm, yang umumnya mekar pada musim kemarau (Susanti, 2013). Buahnya berbentuk bulat telur berdiameter 2–6 cm, berisi tiga biji keras bercorak hitam yang kaya minyak. Biji jarak merupakan sumber utama minyak jarak yang memiliki viskositas dan indeks bias sesuai sebagai alternatif minyak imersi mikroskop optik (Mautuka, 2016).

6. Ekstraksi

Ekstraksi minyak, termasuk minyak imersi untuk mikroskop, dapat dilakukan melalui pengepresan hidraulik, ekstraksi pelarut, serta metode modern seperti gelombang mikro dan ultrasonik. Pengepresan memisahkan minyak secara mekanik tanpa pelarut, cocok untuk minyak ber-viskositas tinggi, sedangkan ekstraksi pelarut menggunakan petroleum eter atau etanol untuk melarutkan minyak

sebelum dimurnikan agar memperoleh sifat fisika-kimia optimal seperti viskositas, densitas, dan indeks bias (Mautuka, 2016).

Metode gelombang mikro dan ultrasonik semakin banyak digunakan karena mempercepat pelepasan minyak dari matriks nabati dan meningkatkan hasil tanpa merusak kualitas. Minyak hasil ekstraksi kemudian dimurnikan melalui degumisasi, netralisasi, pemucatan, dan sentrifugasi untuk memperoleh kejernihan dan stabilitas yang sesuai sebagai minyak imersi mikroskop (Astmaiya, Maulida, Azhari, 2023)

7. Minyak Jarak

a. Pengertian Minyak Jarak (*Castor oil*)

Minyak jarak pagar (*castor oil*) adalah minyak nabati dari ekstraksi biji *Ricinus communis L.*, kaya akan asam risinoleat sekitar 86–90% yang memberikan sifat viskositas tinggi, stabilitas termal, serta toleransi baik terhadap variasi suhu. Sifat fisik ini membuat castor oil banyak digunakan, termasuk sebagai minyak imersi mikroskop karena indeks bias dan viskositasnya mendukung resolusi dan kejernihan gambar (Astmaiya, Maulida, Azhari, 2023).

b. Sifat Fisik dan Optik Minyak Jarak

Tabel 2. Sifat Fisik dan Optik Minyak Jarak

No.	Aspek	Sifat Fisik	Sifat Optik
1.	Indeks Bias		$n \approx 1,480$
2.	Viskositas	(889 cSt)	
3.	Densitas	$\approx 0,955 - 0,968$ g/cm ³ (pada 25°C)	
4.	Stabilitas		Stabil pada suhu sekitar 313°C, tahan oksidasi
5.	Warna	Transparan sampai sedikit kekuningan	
6.	Kontaminan		Bebas partikel
7.	Non-Flouresen		Minim autofluoresensi
8.	Titik Didih	$\approx 313^\circ\text{C}$	
9.	Titik Leleh	-2 sampai -5°C	
10.	Bau	Sedikit khas, tidak menyengat	

Sumber: Putri, 2025

c. Kandungan Minyak Jarak dan Minyak Imersi

Tabel 3. Kandungan Minyak Jarak dan Minyak Imersi

No.	Minyak Jarak	Minyak Imersi
1.	Asam risinoleat 85-86%	Hidrokarbon mineral 70-80%
2.	Asam oleat 7-8,5%	Asam oleat 5-10 %
3.	Asam linoleat 3-3.5%	Esters 5-10%
4.	Asam stearat 0.5-2%	Additif antioksidan < 1%
5.	Asam dihidroksi stearat 1-2%	Kontaminan < 0,1%
6.	Asam palmitat 0.5-1.5%	
7.	Asam lainnya < 0,5%	

Sumber: Dewi, 2015; Mautuka, 2016

8. Bahan Pemeriksaan

a. Darah

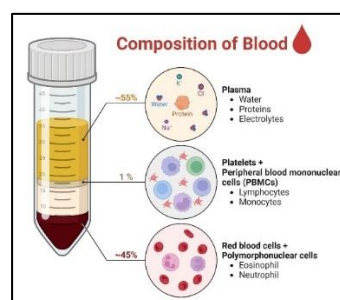
1) Pengertian Darah

Darah merupakan bagian terpenting dari tubuh manusia yang memiliki beragam fungsi. Darah merupakan jaringan cair

yang tersusun atas sel-sel dan plasma yang berfungsi mengangkut oksigen, nutrisi, hormon, serta hasil metabolisme ke seluruh tubuh. Secara biologis, darah berperan penting dalam menjaga keseimbangan internal tubuh atau homeostasis melalui sistem transportasi, regulasi suhu, dan perlindungan terhadap infeksi (Marin et al., 2024).

Darah adalah komponen penting organisme hidup di dalam ruang pembuluh darah, karena berfungsi sebagai media komunikasi antara sel dan berbagai bagian tubuh serta dunia luar. Fungsinya mengangkut oksigen dari jaringan ke paru-paru untuk dikeluarkan, nutrisi dari saluran cerna ke jaringan, mengeluarkan sisa metabolisme melalui organ sekretorik seperti ginjal, serta mengeluarkan hormon dan zat pembekuan darah.

2) Komponen Darah



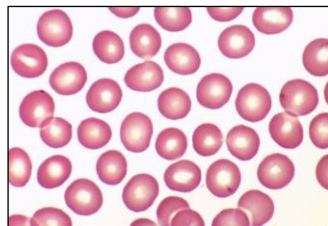
Gambar 4. Komponen Darah
Sumber : Mank dkk., 2022

Darah adalah cairan tubuh yang ini terdiri dari beberapa komponen utama : plasma, sel darah merah, sel darah putih,

dan trombosit (Syaravicena, Dwi; Jayanthi, Sri; Ramadila, Aini; Sapitri, Suci Nurlida; Annisa, Viska; Anisa, Dwi; Meutiasari, 2023). Darah merupakan suatu jaringan tubuh yang terdapat dalam pembuluh darah yang terdiri dari dua bagian yaitu plasma (55% volume total) dan sisa komponen seluler (45% volume) yang terdiri atas sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit (Andani & Ernawaty, 2022).

3) Morfologi Darah

a) Eritrosit (Sel Darah Merah)



Gambar 5. Eritrosit (Sel Darah Merah)

Sumber : Pathology Student, 2022

Sel darah merah mempunyai ciri-ciri berbentuk bikonkaf (cekung di kedua sisi), tidak memiliki inti dan organel, berumur sekitar 120 hari, memiliki diameter rata-rata 7-8 mikrometer, berperan dalam pengaturan pH dan suhu tubuh, dapat berubah morfologi pada kondisi patologis, dan fleksibel dan mudah berubah bentuk (Marin et al., 2024). RBC memainkan peran penting dalam hemodinamik fisiologis dan mempengaruhi semua patologi dinding arteri (Michel, J.-B. & Martin-Ventura, 2020).

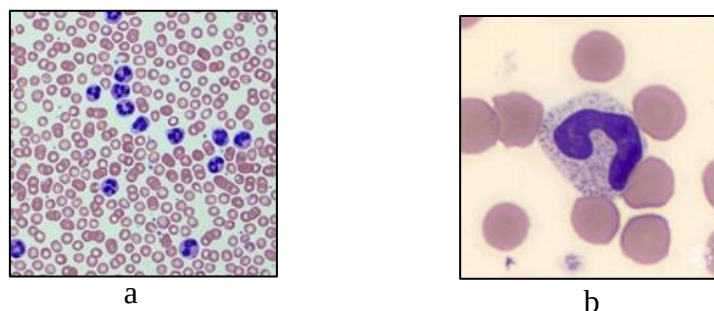
b) Leukosit (Sel Darah Putih)

Leukosit memiliki ciri-ciri memiliki inti sel (nukleat), bersifat motil/berpindah jaringan, terdiri dari granulosit dan agranulosit, jumlah normal berkisar $4.000 - 10.000 \text{ sel/mm}^3$, memiliki umur hidup bervariasi (neutrofil 6-8 jam dan limfosit berbulan-bulan), berperan dalam sistem imun tubuh, dan mengandung granula dan enzim proteolitik (Chen et al., 2023). Adapun beberapa jenis-jenis sel darah putih yang terbagi menjadi dua kelompok, yakni granulosit dan agranulosit diantaranya :

(1) Granulosit

Granulosit adalah kelompok leukosit bergranula sitoplasma dan disebut juga *polymorphonuclear leukocytes* (PMN). Tiga subjenis utama: neutrofil, eosinofil, dan basofil. Mereka berperan utama dalam imun bawaan (*inborn immunity*), fagositosis, pelepasan mediator inflamasi dan reaksi alergi (Aliviameita, 2024).

(a) Neutrofil



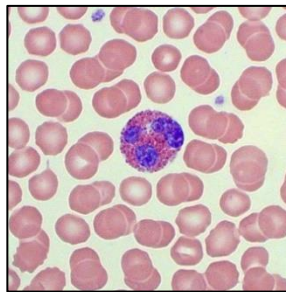
Gambar 6. Neutrofil
(a) Segmen (b) Batang

Sumber : Raghuvir, 2020

Neutrofil segmen berperan dalam proses pertahanan tubuh terhadap infeksi bakteri serta proses peradangan. Ciri-cirinya : berbentuk oval

atau bulat, bagian sitoplasmanya berwarna merah muda dan ada granula halusnya, memiliki inti berlobus, berukuran 12-14 mm. Nilai normal dalam darah yaitu 50-70%. Sedangkan, neutrofil batang merupakan bentuk muda dari neutrofil segmen. Ciri-cirinya yaitu bagian inti berbentuk seperti tapal kuda, berukuran 12-14 mm. Nilai normalnya dalam darah yaitu 2-5% (Aliviameita, 2024).

(b) Eosinofil

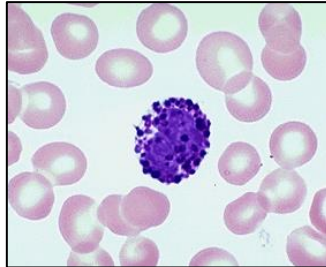


Gambar 7. Eosinofil

Sumber : Hematology Image Bank, 2020

Berperan dalam proses infeksi parasit dengan cara meningkatkan jumlah sel sebagai respon terhadap keberadaan antigen berupa parasit dalam tubuh. Ciri-cirinya meliputi bentuk oval atau bulat, sitoplasma berwarna merah muda, inti berlobus dua (bilobus), serta granula berwarna merah jingga. Ukurannya berkisar antara 14–16 μm , dengan kadar normal dalam darah sekitar 1–3% (Aliviameita, 2024).

(c) Basofil



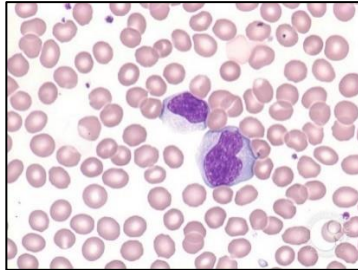
Gambar 8. Basofil
Sumber : Vicari, 2021

Berperan sebagai pemberi reaksi alergi dan antigen dengan mengeluarkan histamin kimia. Ciri-cirinya yaitu berbentuk oval atau bulat, bagian sitoplasmanya berwarna merah muda, memiliki granula kasar gelap besar yang seringkali menutupi inti, berukuran 12-18 mm. Nilai normalnya dalam darah yaitu 0-1% (Aliviameita, 2024).

(2) Agranulosit

Agranulosit adalah sekelompok leukosit yang memiliki karakteristik tidak mengandung granula dalam sitoplasmanya, berbeda dengan granulosit yang memiliki butiran-butiran granuler. Agranulosit terutama terdiri dari dua jenis utama yaitu limfosit dan monosit (Linda, 2024; Campbell, T.J., Ellis, 2023).

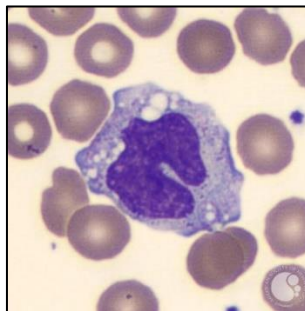
(a) Limfosit



Gambar 9. Limfosit
Sumber : Büscher *at al.*,2020

Berperan sebagai komponen sistem imun adaptif yang memproduksi antibodi saat ada antigen masuk. Ciri-cirinya yaitu berbentuk oval atau bulat, bagian sitoplasmanya berwarna biru, tidak memiliki granula, bentuk intinya oval atau bulat, berukuran 6-14 mikron. Nilai normalnya dalam darah yaitu 20-40 % (Aliviameita, 2024).

(b) Monosit

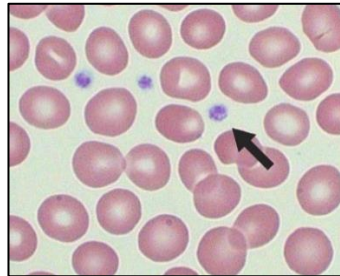


Gambar 10. Monosit
Sumber : Villatoro, 2021

Berfungsi dalam proses fagositosis benda asing yang berukuran besar serta banyak terdapat pada jaringan sebagai makrofag. Ciri-cirinya yaitu bentuknya tidak teratur, bagian sitoplasmanya berwarna ungu atau biru halus, tidak memiliki granula, bentuk intinya seperti tapal kuda atau ginjal, berukuran 12-20 mikron. Nilai normalnya dalam darah yaitu 2-

8% (Aliviameita, 2024).

c) Trombosit (Platelet)



Gambar 11. Trombosit
Sumber : Robier, 2020

Trombosit memiliki ciri-ciri berukuran sangat kecil ($2-4\ \mu$), tidak memiliki inti sel (anukleat), dari megakariosit di sumsum tulang, mempunyai granula alfa dan granula padat, umur rata-rata 7-10 hari, jumlah normal berkisar antara $150.000 - 400.000\ \text{sel}/\text{mm}^3$, berperan dalam hemostasis dan pembekuan darah, serta terlibat dalam respon imun atau inflamasi (Bongiovanni, D., 2025). Aktivasi trombosit melibatkan perubahan morfologi serta pelepasan chemokine, cytokine, dan faktor pertumbuhan yang penting untuk regenerasi jaringan. Penanganan serta penyimpanan komponen trombosit harus dilakukan secara hati-hati karena perubahan struktur, biokimia, dan fungsi trombosit dapat terjadi selama penyimpanan yang dikenal sebagai *platelet storage lesion* (PSL), yang dapat memengaruhi efektivitas transfusi trombosit (Astuti, D. & Maharani, 2020).

b. Darah EDTA

EDTA (*ethylenediaminetetraacetic acid*) adalah antikoagulan yang paling umum digunakan dalam pengambilan dan penyimpanan darah

untuk pemeriksaan hematologi karena kemampuannya mengikat ion kalsium sehingga mencegah pembekuan darah (Nuary, 2021). Darah EDTA direkomendasikan digunakan untuk pemeriksaan jumlah sel darah merah, sel darah putih, trombosit, kadar hemoglobin, dan parameter hematologi lainnya. Antikoagulan lain, seperti heparin tidak dianjurkan.

Darah tanpa antikoagulan bebas dari risiko terdapatnya artefak akibat penyimpanan dan antikoagulan, namun pada sediaan ini dapat dijumpai trombosit menggumpal (clumping). Darah dengan antikoagulan EDTA akan lebih mudah digunakan untuk perkiraan jumlah trombosit, karena distribusi trombosit lebih merata. Namun, pada jenis ini perlu diwaspadai kemungkinan timbulnya artefak.

c. Sediaan Apus Darah Tepi

1) Pengertian Sediaan Apus Darah Tepi (SADT)

Sediaan apus darah tepi (SADT) merupakan teknik pembuatan lapisan tipis darah pada kaca objek yang kemudian difiksasi dan diwarnai untuk memungkinkan pemeriksaan morfologi serta kuantifikasi eritrosit, leukosit, dan trombosit (Khasanah, 2023; Madani, 2023). Pemeriksaan ini penting dalam mendeteksi berbagai kelainan hematologi yang tidak selalu teridentifikasi melalui alat otomatis. Pewarnaan yang sering digunakan adalah giemsa dengan penyesuaian konsentrasi dan waktu untuk

memperoleh kontras dan detail sel yang optimal (Shanti, 2020; Wantini, Y. and Huda, 2021).

Sediaan apus darah tepi harus dibuat sesegera mungkin (<2 jam setelah darah diambil) untuk mencegah timbulnya artefak morfologis untuk mencegah artefak morfologis, seperti vakuolisasi, perubahan inti, maupun pembengkakan trombosit. Sampel juga perlu dihindarkan dari suhu tinggi dan guncangan agar tidak menimbulkan artefak seperti budding atau fragmentasi eritrosit. Untuk pemeriksaan rujukan, preparat dianjurkan dikirim dalam bentuk sediaan yang telah difiksasi atau diwarnai (PDS PatKLIn, 2018).

2) Pembuatan Sediaan Apus Darah Tepi (SADT)

Proses pembuatan sediaan apus darah tepi (SADT) meliputi tahap persiapan dan tahap pewarnaan. Pada tahap persiapan, kaca objek harus bersih, kering, dan bebas minyak untuk menghasilkan apusan yang baik. Tahap pewarnaan dapat dilakukan dengan pewarna giemsa atau wright sesuai kebutuhan pemeriksaan. Kondisi lingkungan juga memengaruhi kualitas apusan, suhu tinggi dapat menyebabkan penyusutan sel darah, sedangkan suhu rendah dapat menyebabkan sel mengembang. Berikut tata cara pembuatan SADT:

- a) Darah ditetaskan pada objek glass.
- b) *Cover glass* digeser mundur menyentuh tetesan darah.
- c) Darah dibiarkan menyebar ditepi objek

- d) *Cover glass* digeser mundur sampai ke tetesan darah.
- e) Darah dibiarkan menyebar disepanjang tepi.
- f) *Object glass* di geser dalam satu gerakan yang bagus dan harus cepat (khususnya apusan darah pasien anemia) (Victoria *et.al.*, 2019).



Gambar 12. Slide Apusan Darah

(a) Apusan Darah Baik (b) Apusan Darah Buruk

Sumber : Febriyanti & Santosa, 2022

Proses pembuatan sediaan apus darah tepi diawali dengan membersihkan kaca objek, meneteskan sampel darah pada ujung kaca, kemudian membuat apusan yang selanjutnya difiksasi dengan metanol, dikeringkan, dan diwarnai menggunakan pewarna giemsa atau wright. Pewarna giemsa lebih sesuai untuk sel-sel matang, sedangkan wright lebih optimal untuk mendeteksi sel muda. Pengeringan pada suhu yang tepat penting untuk menjaga morfologi sel, termasuk leukosit. Paparan panas berlebih dapat mempercepat pengeringan tetapi menurunkan daya lekat sampel dan merusak struktur sel, seperti munculnya lubang atau penyusutan dinding sel darah. Jika sediaan dengan kualitas buruk tetap digunakan, morfologi menjadi kurang jelas dan interpretasi mikroskopis dapat terdistorsi (Febriani & Santoso, 2020).

3) Kriteria SADT sesuai Standar Pemeriksaan



Gambar 13. Sediaan Apus Darah Tepi
Sumber : Ardina & Rosalinda, 2018

Kriteria standar sediaan apus darah tepi (SADT) menekankan teknik pembuatan yang benar agar terbentuk lapisan darah tipis, merata, dan bebas artefak sehingga hasil pengamatan mikroskopik akurat (Wati, D. and Nailufar, 2021). Sampel harus diapus dengan volume yang cukup untuk menghasilkan apusan tipis dengan ujung meruncing. Kriteria standar tersebut meliputi:

- a) Ketebalan apusan rata dan tidak tebal,
- b) Pewarnaan giemsa yang merata dan jelas dengan waktu optimal,
- c) Morfologi eritrosit, leukosit, dan trombosit terlihat jelas, bentuk normal tanpa kerusakan,
- d) Tidak adanya endapan warna atau kontaminan,
- e) Distribusi dan kepadatan sel darah merata di seluruh area apusan (terutama monolayer),
- f) Fiksasi sampel yang baik, dan
- g) Sediaan bebas gelembung udara, kerutan atau noda.

4) Pewarnaan Sediaan Apus Darah Tepi (SADT)

Pewarnaan sediaan apus darah tepi (SADT) merupakan tahap krusial untuk memungkinkan identifikasi dan evaluasi morfologi sel darah. Pewarnaan Giemsa menjadi metode yang paling umum digunakan dan direkomendasikan oleh *The International Council for Standardization in Hematology* (ICSH) karena hasilnya yang memberikan kontras jelas dan ketahanan warna yang baik. Pewarna Giemsa terdiri dari campuran eosin, azur B, dan *methylene blue* yang memiliki kemampuan mewarnai nukleoprotein dan sitoplasma secara berbeda, sehingga memudahkan identifikasi berbagai jenis sel darah seperti eritrosit, leukosit, dan trombosit (Triyani, D. and Izzati, 2023).

Proses pewarnaan dilakukan dengan menggunakan *methanol absolute* yang bertujuan merekatkan sel pada kaca preparat (Shanti, 2020). Tahapan pewarnaan umumnya diawali dengan fiksasi sediaan menggunakan metanol, diikuti perendaman dalam larutan pewarna selama 10–20 menit tergantung jenis dan konsentrasi zat warna yang digunakan. Setelah proses pewarnaan, sediaan dibilas dengan air buffer pH 6,8 untuk menetralkan keasaman dan menonjolkan kontras warna sel. Kualitas hasil pewarnaan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti waktu perendaman, suhu, pH larutan, dan kebersihan kaca objek. Pewarnaan yang optimal akan menghasilkan eritrosit berwarna merah muda, inti leukosit berwarna ungu tua, serta granula

eosinofil, basofil, dan neutrofil dengan warna karakteristik masing-masing.

5) Evaluasi Kualitas Sediaan Apus Darah Tepi (SADT)

Evaluasi tersebut memastikan bahwa hasil pemeriksaan dapat digunakan untuk diagnosis dan pemantauan berbagai penyakit hematologi maupun infeksi (Ridwani, 2024). Penilaian kualitas sediaan apus darah tepi (SADT) didasarkan pada beberapa nilai, yakni :

- a) Kebersihan dan kondisi *object glass* / preparat,
- b) *Time collection* / kesegaran pengambilan darah,
- c) Teknik pembuatan (sudut, volume darah, spreader),
- d) Distribusi sel (area monolayer cukup),
- e) Kualitas pewarnaan (kontras, gradasi warna, artefak),
- f) Kondisi fisik sediaan (garis goresan, retakan, kotoran, gelembung), dan
- g) Kesesuaian teknik mikroskopi (*oil imerssion*, kondensor, pembesaran).

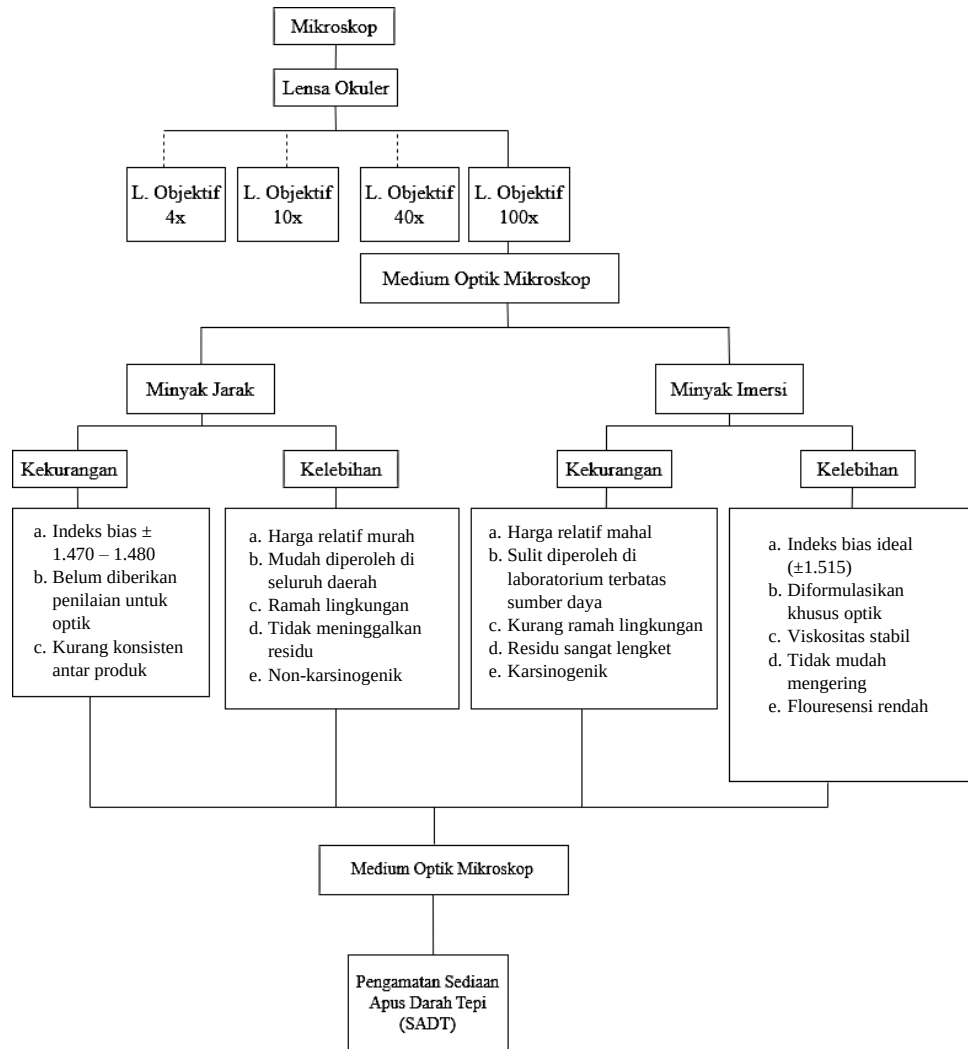
d. Hubungan Minyak Imersi pada Pemeriksaan Sediaan Apus Darah Tepi (SADT)

Penggunaan minyak imersi pada pemeriksaan SADT penting untuk meningkatkan resolusi karena indeks biasanya mendekati kaca, sehingga mengurangi pembiasan cahaya dan menghasilkan citra lebih jelas (Sari, N. and Rukmana, 2022). Dengan penggunaan

minyak imersi, pembesaran lensa objektif 100x dapat dimaksimalkan, memungkinkan pengamatan morfologi sel darah seperti eritrosit, leukosit, dan trombosit secara optimal tanpa merusak lapisan sediaan (Wantini, Y. and Huda, 2021). Minyak ini juga berperan dalam menjaga keutuhan dan kelembapan sediaan selama pemeriksaan berlangsung.

B. Kerangka Teori

Kerangka teori ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kerangka Teori

Keterangan :

 = Tidak dilakukan pemeriksaan

 = Dilakukan pemeriksaan

C. Hubungan Antar Variabel

Hubungan antar variabel ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan Antar Variabel

D. Pertanyaan Penelitian

Apakah minyak jarak dapat digunakan sebagai alternatif pengganti penggunaan minyak imersi untuk pengamatan mikroskopis sediaan apus darah tepi (SADT)?