

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1. Tinjauan Mengenai Malaria

2.1.1.1. Pengertian Malaria

Malaria adalah penyakit menular yang disebabkan oleh parasit dari genus *Plasmodium*. Parasit ini ditularkan ke manusia melalui gigitan nyamuk *Anopheles* yang terinfeksi. Setelah masuk ke dalam tubuh manusia, parasit *Plasmodium* berkembang biak di dalam hati sebelum menyerang sel darah merah, di mana mereka berkembang biak lagi dan merusak sel darah merah. Malaria dapat menyebabkan gejala yang bervariasi mulai dari ringan hingga berat, termasuk demam, menggigil, sakit kepala, mual, muntah, diare, dan dalam kasus yang parah dapat menyebabkan koma, kejang, dan kematian (Dinyanti, 2017).

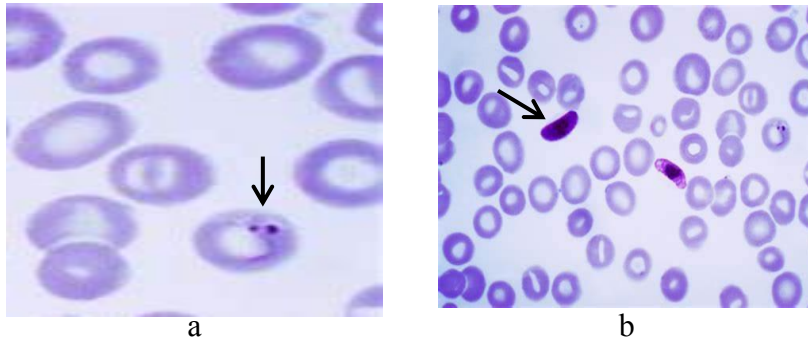
Penyakit malaria memiliki lima spesies *Plasmodium* utama yang menyebabkan infeksi pada manusia, yaitu *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae* dan *Plasmodium Knowlesi*. Dari kelima spesies ini, *Plasmodium falciparum* adalah yang paling mematikan dan paling umum ditemukan di Afrika Sub-Sahara. *Plasmodium vivax* adalah yang paling umum ditemukan di luar Afrika dan sering kali menyebabkan malaria relaps, yaitu kemunculan kembali gejala setelah periode tanpa gejala. *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae* dan *Plasmodium Knowlesi* lebih jarang terjadi dibandingkan dengan *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium Vivax* (Dinyanti, 2017).

2.1.1.2. Jenis *Plasmodium* sp.

Menurut kemenkes (2017) dalam Benusu.A.Y. (2019) ada 5 (lima) Jenis Malaria yaitu :

1. *Plasmodium falciparum*

Menyebabkan penyakit Malaria tropika. Gejala demam timbul intermiten dan dapat berlanjut. malaria ini paling sering menjadi malaria berat yang menyebabkan kematian.



Keterangan: a. Bentuk trophozoit *Pfalciparum*, b. Bentuk gametosit *Pfalciparum*

Gambar 1. *Plasmodium falciparum*

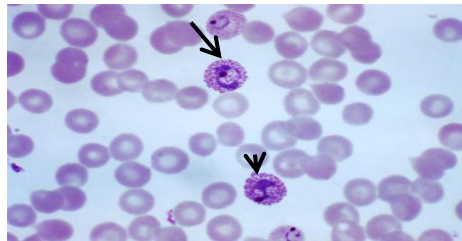
Sumber: Rahayu (2022)

Bentuk trophozoit *Plasmodium falciparum* dibedakan atas trophozoit muda dan trophozoit lanjut. Trophozoit berbentuk cincin dengan inti berwarna merah dan sitoplasma berwarna biru. Ukuran eritrosit yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* umumnya tidak mengalami perubahan. Di dalam eritrosit dapat dijumpai *Plasmodium falciparum* berada di bagian tepi satu eritrosit mirip seperti burung terbang “acole”. Sering pula dijumpai infeksi lebih dari satu parasit dengan bintik kromatin ganda (*double dots*). Pada trophozoit lanjut *Plasmodium falciparum* mengandung bintik-bintik maurer (Maurer dots), skizon *Plasmodium falciparum* mengandung merozoit yang tidak teratur. Bentuk gametosit khas seperti pisang, ukuran gamet lebih besar dari diameter eritrosit (Avichena, 2023)

2. *Plasmodium vivax*

Menyebabkan penyakit Malaria tersiana. Parasit ini dapat bertahan dalam hati bentuk latin. Ketika kondisi tubuh menurun, parasit dapat kembali aktif dan menyebabkan kambuhnya

penyakit malaria, gejala penyakit malaria ini bisa menyebabkan demam dengan interval bebas demam 2 hari. Telah ditemukan juga kasus malaria berat yang disebabkan oleh *Plasmodium vivax*.



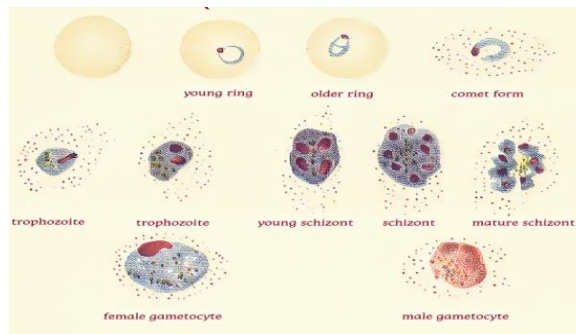
Gambar 2. *Plasmodium vivax*

Sumber: Rahayu (2022)

Tropozoit *P. vivax* berbentuk cincin tidak teratur (*amuboid*) yang mengandung titik-titik schuffner (*Schuffner dots*).. Pigmen eritrosit terlihat dan sering ditemukan *double infection* pada stadium lanjut. Bentuk skizon teratur, dan mengisi penuh eritrosit yang tampak membesar. Gametosit *Plasmodium vivax* berbentuk lonjong atau bulat dan mengandung titik-titik schuffner (Avichena, 2023).

3. *Plasodium ovale*

Menyebabkan penyakit Malaria ovale. Salah satu komplikasi yang sering terjadi adalah anemia di mana parasit merusak sel darah merah dalam tubuh, menyebabkan penurunan jumlah sel darah merah, anemia dapat menyebabkan kelelahan, kelemahan dan masalah lainnya. Manifestasi klinis biasanya bersifat ringan. Demam seperti pada Malaria tersiana, jika tidak diatasi dengan tepat dapat mengakibatkan kematian.



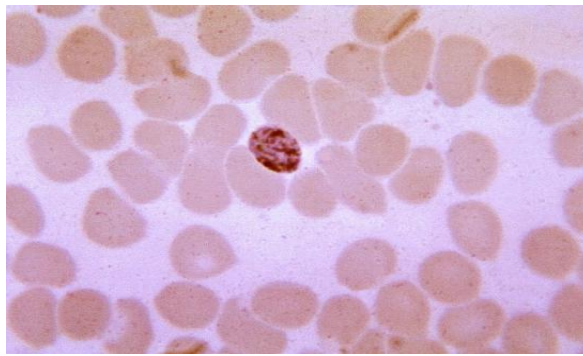
Gambar 3. *Plasmodium ovale*

Sumber: Rahayu (2022)

Morfologi *Plasmodium ovale* secara mikroskopis akan terlihat semua stadium, dan titik James jelas terlihat. Bentuk trophozoit lebih kecil dari *vivax*, biasanya berjumlah sedikit, bentuk yang sering ditemukan adalah cincin sampai bulat atau kompak. Intinya tunggal dan menonjol sedangkan sitoplasma agak teratur, tebal dengan pigmen kasar tersebar. Bentuk skizon menyerupai *Plasmodium malariae*, jumlahnya sedikit, stadium lanjut terdiri dari 4-12 merozoit (paling sering 8), yang tersebar tidak berkelompok dan pigmen berkumpul. Bentuk gametosit untuk stadium muda sulit dibedakan dengan trophozoit lanjut. Stadium lanjut berbentuk bulat dan biasanya lebih kecil dari *Plasmodium vivax*, inti kelihatan tunggal dan jelas, pigmen tersebar dan kasar (Irma, 2022).

4. *Plasmodium malariae*

Menyebabkan penyakit Malaria quartana. Terjadi infeksi kronis karena parasit ini dapat bertahan dalam tubuh dengan jangka waktu yang lama tanpa menimbulkan gejala yang nyata. Gejala demam berlangsung dengan interval bebas demam 3 hari. Keberadaan parasit ini dalam tubuh dapat menyebabkan kerusakan organ terutama ginjal dan mengganggu fungsi normal.



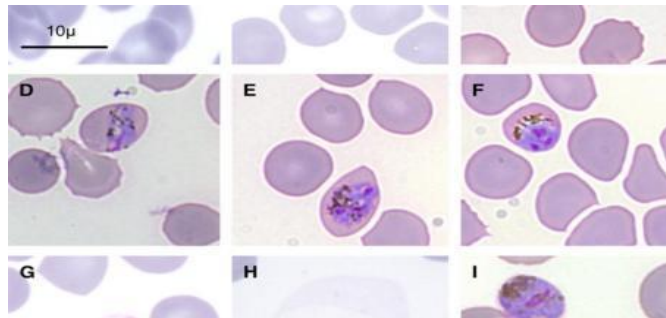
Gambar 4. *Plasmodium malariae*

Sumber: Rahayu (2022)

Plasmodium malariae lebih sering menginfeksi eritrosit tua. Trophozoit berbentuk cincin dengan sitoplasma yang jelas, kromatin besar, kasar, pigmen coklat, gelap, dan berbentuk seperti pita. Bentuk eritrosi yang terinfeksi normal mengandung titik zieman. Skizon muda bentuk sitoplasmanya padat hampir mengisi seluruh eritrosit, inti sudah membelah, terdapat pigmen malaria di sekitar nukleus. Skizon tua berbentuk seperti bunga mawar . (roset), mengisi seluruh eritrosit, inti membelah menjadi 8-12, masing-masing menjadi inti merozoit, tiap belahan inti diikuti belahan sitoplasma yang letaknya teratur, pigmen terpusat, dikelilingi merozoit dan letaknya teratur seperti roset . Gametosit berbentuk bulat dan hampir mengisi seluruh eritrosit, plasma tampak merah muda, inti besar, menyebar, tampak pucat, letaknya di pusat sitoplasma, dan pigmen malaria kasar tersebar (Avichena, 2023).

5. *Plasmodium Knowlesi*

Menyebabkan penyakit Malaria *knowlesi*. Gejala demam pada umumnya ditularkan melalui nyamuk *Anopheles hackeri* di semenanjung dan *Anophles lantes* di sarawak. Manusia dapat terinfeksi secara tidak sengaja saat mereka terkena gigitan nyamuk yang terinfeksi parasit dengan menyerupai Malaria tropika.



Gambar 5. *Plasmodium knowlesi*

Sumber: Angelika (2021)

2.1.1.3. Gejala Klinis Penyakit Malaria

Menurut Kemenkes RI (2017), gejala klinis paling sering ditemukan pada penderita malaria antara lain demam tinggi, sakit kepala, menggigil dan nyeri di seluruh tubuh. Gejala klinis utama malaria yang biasa disebut “trias malaria” adalah demam, anemia dan splenomegali. Demam terjadi akibat *ruptur eritrosit* yaitu merozoit yang dilepaskan ke sirkulasi darah. Pelepasan merozoit pada tempat di mana sirkulasi melambat mempermudah invasi ke sel darah merah yang berdekatan. Ada tiga stadium pada fase demam yaitu stadium menggigil, berlangsung 15 menit sampai 1 jam dimulai dengan perasaan dingin sekali, hingga menggigil, nadi penderita cepat namun lemah, bibir dan jari tangannya menjadi biru, kulit kering dan pucat, kadang-kadang disertai muntah, kemudian stadium puncak demam di mana perasaan dingin penderita berubah menjadi panas sekali karena terjadi kenaikan suhu tubuh sampai 41°C (106°F) atau lebih. Muka menjadi merah, kulit kering dan terasa panas seperti terbakar sakit kepala semakin hebat, disertai mual dan muntah, denyut nadi cepat dan adanya perasaan haus. Stadium ini berlangsung selama dua sampai enam jam. Stadium berkeringat di mana penderita berkeringat banyak disertai dengan penurunan suhu tubuh dengan cepat, kadang-kadang di bawah ambang normal. Biasanya penderita dapat tidur nyenyak dan merasa

lemas saat terbangun. Stadium ini berlangsung 8 sampai 12 jam (Avichena, 2023).

Anemia yang juga merupakan salah satu trias malaria terjadi pada penderita malaria karena pecahnya *eritrosit* yang terinfeksi dan tidak terinfeksi *Plasmodium*. Kerusakan yang ditimbulkan oleh *Plasmodium* terjadi karena *Plasmodium* menyerang semua jenis eritrosit baik muda maupun tua dan eritrosit yang terinfeksi memiliki daya afinitas yang tinggi baik terhadap eritrosit lain maupun terhadap dinding endotelium kapiler alat dalam (Fitriany dan Sabiq, 2018).

Splenomegali pembesaran limpa merupakan gejala khas malaria terutama malaria yang bersifat kronis. Limpa adalah organ *reticuloendothelial*, yang apabila terinfeksi *Plasmodium*, maka makrofag dan limfosit akan memfagositnya. Sebagai akibat dari fagositosis ini maka sel-sel radang akan bertambah yang menyebabkan limpa membesar. Pembesaran limpa awalnya lunak, mudah pecah dan nyeri, sehingga perabaan limpa harus hati-hati. Pada stadium kronik limpa berwarna hitam dan keras (Fitriany dan Sabiq, 2018).

2.1.1.4. Epidemiologi Penyakit Malaria

Penyebaran malaria terjadi di daerah yang terbentang luas dari belahan bumi utara sampai selatan, yaitu 64°Lintang Utara dan 32°Lintang Selatan. Penyebaran malaria dapat terjadi di daerah dengan ketinggian yang sangat bervariasi, dari 400 meter di bawah permukaan laut dan 2.600 di atas permukaan laut. Temperatur adalah unsur yang penting untuk *Plasmodium* melanjutkan siklus hidupnya di dalam tubuh nyamuk. Penyebaran malaria pada dasarnya terjadi karena 3 faktor utama epidemiologi malaria yaitu *agent* (penyebab), *host* (pejamu), dan *environment* (lingkungan). *Plasmodium* merupakan penyebab malaria. Dalam berkembang biaknya, *Plasmodium* melalui 2 siklus hidup yaitu, siklus hidup seksual yang

berlangsung di dalam tubuh *definitive host* yaitu Nyamuk *Anopheles* betina dan siklus aseksual berlangsung di dalam tubuh *intermediate host* yaitu manusia. Lingkungan adalah tempat tinggal manusia dan nyamuk. Faktor lingkungan berpengaruh besar terhadap kejadian malari di suatu daerah, karena bila kondisi lingkungan sesuai dengan tempat perindukan, maka nyamuk akan berkembang biak dengan cepat. Lingkungan dapat berupa lingkungan fisik, kimia, biologi, dan lingkungan sosial budaya (Sutarto, 2017).

2.1.1.5. Diagnosa Penyakit Malaria

Diagnosa penyakit malaria melibatkan serangkaian langkah dan metode untuk mengidentifikasi keberadaan infeksi *Plasmodium* dalam tubuh pasien. Berikut adalah langkah-langkah dan metode yang digunakan dalam diagnosa malaria:

- a. Anamnesis dan Pemeriksaan Klinis
 1. Riwayat Perjalanan: Mengumpulkan informasi tentang riwayat perjalanan pasien ke daerah endemik malaria.
 2. Gejala Klinis: Memeriksa gejala klinis seperti demam, menggigil, keringat berlebihan, sakit kepala, mual, muntah, diare, nyeri otot, dan kelelahan.
- b. Pemeriksaan Laboratorium
 1. Pemeriksaan Mikroskopis

Pemeriksaan Sediaan Darah Tepi: Pengambilan sampel darah kapiler yang dioleskan pada kaca objek dan diwarnai menggunakan pewarnaan Giemsa. Dua jenis sediaan dibuat:

 - a) Sediaan Tebal: Digunakan untuk mendeteksi keberadaan parasit malaria dengan lebih sensitif karena konsentrasi darah lebih tebal.
 - b) Sediaan Tipis: Digunakan untuk mengidentifikasi spesies *Plasmodium*

yang menginfeksi dengan melihat morfologi parasit dalam eritrosit..

Perhitungan jumlah parasit dapat dilakukan secara semi kuantitatif (Kemenkes RI, 2015).

(-): Tidak ditemukan parasit dalam 100 LP

(+): Ditemukan 1-10 parasit dalam 100 LP

(++): Ditemukan 11-100 parasit dalam 100 LP

(+++): Ditemukan 1-10 parasit per LPB

(++++): Ditemukan > 10 parasit per LPB

Perhitungan secara kuantitatif yaitu perhitungan jumlah parasit/ μ l darah dihitung berdasarkan jumlah leukosit pada sedimen darah tebal (standar = 8000 sel/ μ l) untuk penghitungan parasit membutuhkan 2 buah *tally counter* satu untuk menghitung parasit yang lain untuk menghitung leukosit. Bila pada 200 leukosit di temukan 10 parasit atau lebih catat hasilnya per 200 leukosit. Bila pada 200 leukosit hanya di temukan 9 parasit atau kurang lanjut kan pemeriksaan sampai menjadi 500 leukosit,catat hasilnya per 500 leukosit. Jadi jumlah parasit per μ l darah dapat dihitung dengan rumus: Jika didapatkan 10 atau lebih parasit dalam 200 leukosit atau positif tiga dan positif empat.

$$\text{Jumlah parasit/ul} = \frac{\text{Jumlah parasit} \times 8000}{200 \text{ leukosit}}$$

Jika didapatkan 1 sampai 9 parasit dalam 200 leukosit atau positif satu dan positif dua maka dilanjutkan perhitungan sebanyak 500 leukosit.

$$\text{Jumlah parasit/ul} = \frac{\text{Jumlah parasit} \times 8000}{500 \text{ leukosit}}$$

Sehingga apabila perhitungan parasit dilakukan terhadap 200 leukosit maka jumlah parasit dikalikan 40. Bila perhitungan

dilakukan terhadap 500 leukosit, maka jumlah parasit dikalikan 16. Secara umum jumlah gametosit dan stadium aseksual dihitung secara terpisah.

2. *Rapid Diagnostic Test* (RDT)

Tes Diagnostik Cepat: Menggunakan alat diagnostik berbasis antigen untuk mendeteksi protein spesifik *Plasmodium* dalam darah pasien. RDT memberikan hasil cepat dan dapat digunakan di lapangan tanpa memerlukan mikroskop.

c. Tes Molekuler

Polymerase Chain Reaction (PCR): Teknik yang sangat sensitif dan spesifik untuk mendeteksi DNA *Plasmodium*. PCR digunakan untuk mengkonfirmasi hasil pemeriksaan mikroskopis atau RDT dan untuk mengidentifikasi spesies *Plasmodium* yang sulit didiagnosis dengan metode konvensional.

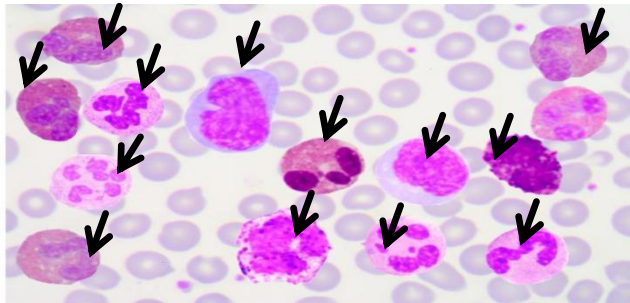
2.1.2. Leukosit

Leukosit, atau yang lebih dikenal sebagai sel darah putih, adalah salah satu komponen vital dalam sistem kekebalan tubuh manusia. Kehadirannya penting dalam melindungi tubuh dari berbagai infeksi dan penyakit. Dibandingkan dengan sel darah merah yang berfungsi mengangkut oksigen, leukosit memiliki peran yang lebih beragam dan kompleks dalam menjaga kesehatan tubuh (Devita, 2019). Menurut Yunita (2019), nilai normal leukosit pada orang dewasa adalah 5000-10.000/ul sedangkan menurut Kemenkes RI (2022) nilai normal leukosit pada bayi hingga remaja adalah sebagai berikut:

- a. Bayi Baru Lahir : 9.400-34.000/ul
- b. Balita umur 3-5 tahun : 4.500-12.000/ul
- c. Remaja umur 12-15 tahun : 4.500-9.000/ul

Secara fisik, leukosit memiliki ciri khas yang membedakannya dari sel darah merah. Mereka memiliki inti sel dan dapat bergerak aktif melalui aliran darah menuju area yang terinfeksi atau terluka. Kemampuan ini

memungkinkan mereka untuk mendeteksi dan mengatasi patogen seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit yang bisa mengganggu kesehatan tubuh. Leukosit juga berperan penting dalam membersihkan sel-sel mati dan bahan-bahan asing lainnya yang mungkin masuk ke dalam tubuh (Devita, 2019).



Keterangan Yang ditunjukkan tanda panah adalah leukosit

Gambar 6. Leukosit pada Sediaan Darah Tipis
Sumber: Kustiah (2020)

Hitung jumlah sel leukosit merupakan pemeriksaan paling mendasar dan utama yang dilakukan jika pasien demam dalam jangka waktu singkat. Leukositosis adalah kondisi di mana jumlah sel darah putih dalam darah melebihi batas normal. Sedangkan kondisi di Hal ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk infeksi, inflamasi, stres fisik atau emosional, reaksi alergi, kondisi autoimun, dan bahkan kondisi kanker. Kondisi ini dapat terdeteksi melalui tes darah rutin, di mana jumlah leukosit dalam darah akan diukur (Devita, 2019). Sedangkan kondisi di mana jumlah leukosit kurang dari normal disebut leukopenia.

Infeksi adalah penyebab paling umum dari leukositosis. Ketika tubuh terinfeksi, sistem kekebalan tubuh akan merespons dengan meningkatkan produksi leukosit untuk melawan patogen yang masuk. Leukosit juga dapat meningkat dalam respons terhadap kondisi inflamasi, seperti luka bakar, penyakit autoimun, atau bahkan serangan jantung. Namun, tidak semua peningkatan jumlah leukosit merupakan tanda kondisi yang merugikan. Dalam beberapa kasus, leukositosis bisa merupakan respons normal tubuh terhadap situasi tertentu, seperti saat seseorang berolahraga

intens atau mengalami stres. Tetapi, ketika leukositosis terjadi secara kronis atau berkepanjangan, itu bisa menjadi tanda adanya masalah kesehatan yang lebih serius (Devita, 2019).

Malaria dapat menyebabkan kekurangan darah karena sel-sel darah banyak yang hancur dirusak oleh *Plasmodium*. Pada pasien malaria terjadi perubahan status hematologis meliputi anemia (penurunan kadar hemoglobin), trombositopenia dan leukopenia hingga leukositosis karena proses hemolisis oleh parasit malaria (Isniani,dkk., 2018).

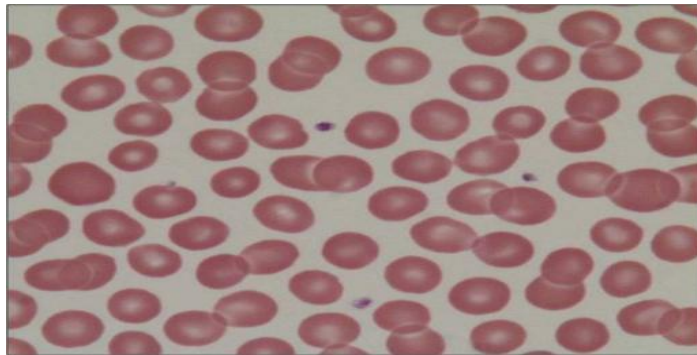
Menurut penelitian Mau dan Mulatsih (2017), pada penderita malaria tropica ditemukan 84% terjadi peningkatan sel limfosit dari nilai rujukan melebihi 20-40%. Peningkatan jumlah leukosit pada malaria berat terjadi karena peningkatan jumlah monosit melebihi 2-8%. Jumlah leukosit juga menentukan tingkat mortalitas atau kematian penderita. Adanya leukositosis dari nilai rujukan yaitu melebihi $4,5-13,5 \times 10^3/\text{mm}^3$ merupakan faktor utama meningkatkan angka kematian penderita malaria.

2.1.3. Eritrosit

Sel darah merah, yang juga dikenal sebagai eritrosit, adalah salah satu jenis sel darah utama dalam tubuh manusia. Fungsi utamanya adalah mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh bagian tubuh dan membawa karbon dioksida dari seluruh tubuh kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan dari tubuh. Kehadirannya sangat penting bagi kelangsungan hidup, karena tanpa oksigen, sel-sel dalam tubuh manusia tidak dapat berfungsi secara normal. Oleh karena itu, menjaga kadar sel darah merah pada batas normal sangatlah penting untuk memastikan suplai oksigen yang adekuat ke seluruh tubuh (Djasang, 2018). Berikut adalah nilai eritrosit normal (Aini, 2021).

- a. Bayi Baru Lahir: 4,8-7,2 juta/ul.
- b. Anak : 3,8-5,5 juta/ul
- c. Pria dewasa : 4,6-6,0 juta/ul
- d. Wanita dewasa: 4,0-5,0 juta/ul

Sel darah merah memiliki bentuk cekung yang khas yang memberinya luas permukaan yang besar untuk menangkap dan membawa oksigen. Bentuk ini juga memungkinkannya untuk melaju melalui pembuluh darah yang sempit dengan lancar, memastikan distribusi oksigen yang efisien ke seluruh tubuh. Di tengah sel darah merah terdapat hemoglobin, protein kompleks yang mengikat oksigen dan membawanya dari paru-paru ke jaringan-jaringan tubuh (Djasang, 2018).



Gambar 7. Eritrosit Pada Sediaan Apus Darah Tepi
Sumber: Kustiah (2020)

Kadar sel darah merah yang optimal adalah kunci untuk menjaga kesehatan dan kinerja tubuh yang optimal. Jika kadar sel darah merah terlalu rendah, kondisi ini dikenal sebagai anemia, yang dapat menyebabkan kelelahan, sesak napas, pusing, dan penurunan kinerja fisik dan mental. Anemia dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk defisiensi zat besi, defisiensi vitamin B12 atau asam folat, kerusakan sumsum tulang, atau penyakit kronis tertentu. Disisi lain, jika kadar sel darah merah terlalu tinggi, kondisi ini dikenal sebagai polisitemia. Polisitemia dapat menyebabkan kekentalan darah yang meningkat, meningkatkan risiko pembekuan darah, stroke, atau serangan jantung. Faktor risiko untuk polisitemia meliputi merokok, paparan polutan lingkungan, tinggal di daerah dengan ketinggian yang tinggi, atau kondisi medis seperti penyakit ginjal atau hati (Djasang, & Hikma, 2018).

Malaria mempengaruhi hampir semua komponen darah dan salah satunya kadar eritrosit. Pasien malaria mengalami perubahan status hematologis meliputi anemia.

Anemia terjadi akibat pecahnya sejumlah eritrosit yang terinfeksi *Plasmodium*. *Plasmodium vivax* dan *Plasmodium ovale* hanya menginfeksi eritrosit muda yang sedikit jumlahnya sedangkan *Plasmodium malariae* hanya menginfeksi eritrosit tua (yang jumlahnya hanya 1% dari jumlah seluruh eritrosit). Karena itu anemia yang terjadi pada *Plasmodium vivax*, *ovale* atau *malariae* umumnya terjadi pada malaria yang kronis. Pada *malaria tropica*, parasit ini mampu menginfeksi semua jenis eritrosit, sehingga pada malaria tropica anemia dapat terjadi baik pada infeksi yang akut maupun infeksi kronis (Isniani, *et al*, 2018).

Pemeriksaan darah rutin adalah cara untuk memantau kadar sel darah merah dalam tubuh. Tes darah akan memberikan informasi tentang jumlah sel darah merah, kadar hemoglobin, dan hematokrit (presentase volume darah yang diisi oleh sel darah merah). Jika kadar sel darah merah berada di luar batas normal, langkah-langkah tertentu mungkin diperlukan untuk mengatasi kondisi tersebut (Djasang, & Hikma, 2018).

Penanganan anemia tergantung pada penyebabnya. Ini bisa melibatkan suplemen zat besi, vitamin B12, atau asam folat, perubahan diet, atau penanganan kondisi medis yang mendasarinya. Untuk polisitemia, pengobatan mungkin melibatkan prosedur seperti flebotomi (pengeluaran darah) untuk mengurangi jumlah sel darah merah dalam sirkulasi (Djasang, & Hikma, 2018).

Pencegahan juga penting dalam menjaga kadar sel darah merah pada batas normal. Ini dapat dicapai dengan menjaga pola makan yang seimbang dan kaya akan zat besi, vitamin B12, dan asam folat, menghindari merokok dan paparan polutan lingkungan, serta rutin melakukan aktivitas fisik. Dalam rangkaian upaya menjaga kesehatan, memahami peran dan pentingnya kadar sel darah merah dalam tubuh manusia merupakan langkah penting. Dengan pemantauan teratur dan tindakan pencegahan yang tepat, kita dapat memastikan bahwa suplai oksigen ke seluruh tubuh tetap optimal, mendukung fungsi tubuh yang baik,

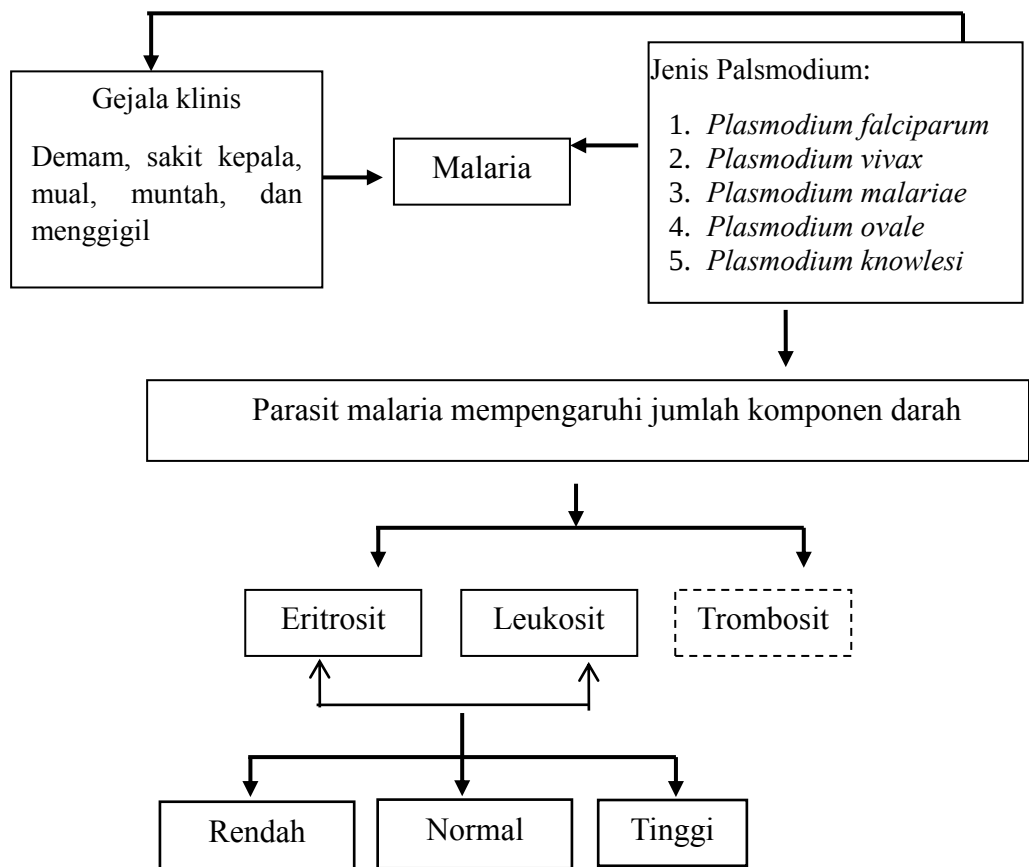
dan mencegah terjadinya kondisi yang berhubungan dengan ketidak seimbangan kadar sel darah merah (Djasang, & Hikma, 2018).

2.1.4. Pemeriksaan Leukosit dan Eritrosit

Penghitungan otomatis menggunakan pengolahan citra digital sudah banyak dilakukan, karena selain pemeriksaan yang mudah dan cepat serta waktu tunggu pasien untuk segera mendapatkan hasil laboratorium untuk membantu diagnosa penyakitnya. Cara langsung menghitung leukosit dan eritrosit dengan menggunakan electronic particle counter mempunyai keuntungan yaitu tidak melelahkan petugas laboratorium jika harus banyak melakukan pemeriksaan menghitung trombosit. Kekurangannya yaitu tidak dapat mendeteksi sel diluar dari ukuran yang sudah ditentukan pada alat (Isworo *et al.*, 2017).

Pada umumnya laboratorium klinik dan rumah sakit menggunakan *Ethylene Diamine Tetraacetic Acid* (EDTA) sebagai antikoagulan bahan atau spesimen untuk pemeriksaan hematologi. Salah satu alasannya karena EDTA bisa digunakan untuk berbagai jenis pemeriksaan. Antikoagulan *Ethylene Diamine Tetraacetic Acid* (EDTA) dapat mempertahankan morfologi sel leukosit, eritrosit dan dapat menghambat agregasi trombosit dengan baik dari pada antikoagulan yang lain {Kurniawan, 2014}.

2.2. Kerangka Teori



Gambar 8. Kerangka Teori

- [] : Variabel yang diteliti
 [] : Variabel yang tidak diteliti
 → : Hal yang mempengaruhi