

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1) Malaria

a. Definisi

Parasit Plasmodium Sp merupakan penyebab malaria, yaitu penyakit yang ditularkan melalui gigitan nyamuk Anopheles betina yang membawa infeksi. Air liur nyamuk yang menggigit mengandung tahap infeksi yang disebut sporozoit (Afdhal et al., 2014). Nyamuk Anopheles memiliki mekanisme reproduksi untuk parasit ini. Ketika nyamuk menggigit orang yang belum terinfeksi malaria, parasit malaria akan masuk ke dalam sirkulasi korban melalui air liur serangga tersebut. Malaria dapat dikategorikan sebagai berikut:

Kelas: Protozoa

Ordo: Apicomplexa

Kategori: Coccidea

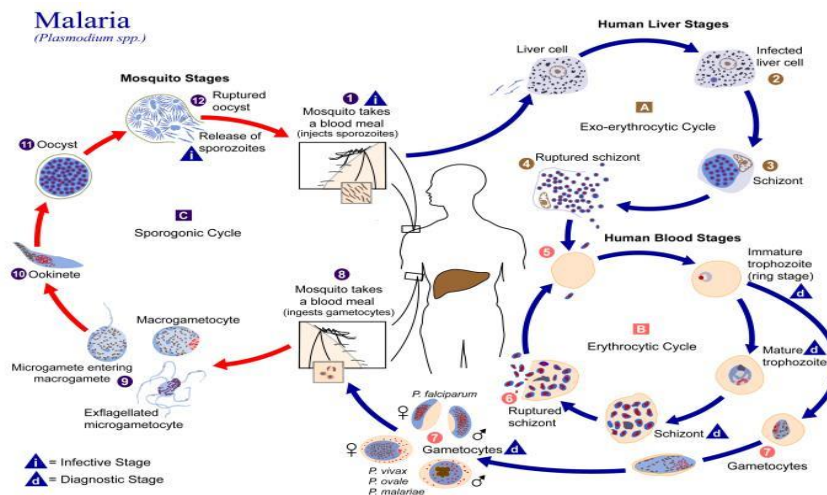
Ordo Haemosporida.

Kelas: Plasmodium

Spesiesnya adalah: *P. ovale*, *P. knowlesi*, *P. malariae*, *P. vivax*, dan *P. falciparum* (Fitriany & Sabiq, 2018).

b. Etiologi

Parasit malaria memiliki siklus hidup yang kompleks. Parasit ini membutuhkan manusia dan nyamuk, terutama nyamuk Anopheles, sebagai inang (habitatnya) agar dapat bertahan hidup. Seperti semua makhluk hidup lainnya, Plasmodium menjalani fungsi-fungsi vital seperti perkembangan, mobilitas, reproduksi, metabolisme (pertukaran zat), dan reaksi terhadap rangsangan (Rusjdi, 2015).



Gambar 2.1 Siklus Hidup Plasmodium (WHO, 2022)

Ada dua tahap dalam siklus hidup Plasmodium: siklus skizon, yang terjadi pada manusia, dan siklus sporozoit, yang terjadi pada nyamuk. Tahap pertama dari siklus ini adalah sporulasi, di mana nyamuk memakan darah korban yang mengandung Plasmodium dalam tahap gametosit penyakit. Setelah ini, gamet terbagi menjadi sel makrogamet (betina) dan mikrogametosit (jantan). Untuk membuat ookinet, keduanya harus membuahi. Untuk membuat

oosit, ookinet memasuki perut nyamuk. Ribuan sporozoit akan berkembang di dalam oosit ini, dan ketika pecah, sporozoit akan keluar. Tubuh nyamuk ditutupi oleh sporozoit ini, beberapa di antaranya terletak di kelenjar ludahnya. Siklus sporozoit berakhir. Siklus eritrosit dan siklus ekstraseluler membentuk siklus skizon. Seseorang yang sehat digigit nyamuk untuk memulai semuanya. Siklus ekstraseluler adalah nama yang diberikan untuk siklus ini. Sebagian trofozoit berkembang menjadi gamet, yang kemudian diambil oleh nyamuk lagi. Dan ini akan menjadi siklus yang tidak pernah berakhir. Karena gametosit tidak menghasilkan tanda-tanda klinis pada pasien malaria, seseorang dapat tanpa sadar menjadi pembawa malaria dan menyebarkan penyakit (Asmara, 2019).

Tabel 2.1 Lamanya Siklus Eksoeritrositik

Spesies	Lama siklus eksoeritrositik (hari)	Diameter skizon matur eksoeritrositik (μm)	Jumlah merozoit dalam skizon eksoeritrositik
<i>P. falciparum</i>	5-7	60	30.000
<i>P. vivax</i>	6-8	45	10.000
<i>P. ovale</i>	9	60	15.000
<i>P. malariae</i>	14-16	55	15.000

(Sumber: Asmara, 2019).

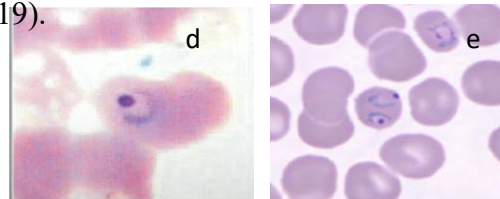
Lama Daur	Masa Prepaten (hari)	Masa Inkubasi (hari)	Daur Eritrositik (Jam)	Merozoit skizon (hari)
<i>P. falciparum</i>	9-10	9-14	48	20-30
<i>P. vivax</i>	11-13	12-17	48	18-24
<i>P. ovale</i>	10-14	16-18	50	8-14

<i>P. malariae</i>	15-16	18-40	72	8-10
--------------------	-------	-------	----	------

Tabel 2.2 Lamanya Siklus Eritrositik



(Sumber: Asmara, 2019).



Gambar 2.2 (a) *P. falciparum* (b) *P. vivax* (c) *P. malariae* (d) *P. ovale* (e) *P. knowlesi* (Shambhu *et al.*, 2022 ; Asmara, 2019)

c. Epidemiologi

Menurut *World Malaria Report 2022* Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) yang berdasarkan informasi dari 84 negara endemis malaria di seluruh wilayah, diperkirakan 619.000 orang meninggal akibat malaria pada tahun 2021. Pada tahun pertama laporan tersebut dibuat, ada 625.000 orang. Sebelum pandemi, angka kematian pada tahun 2019 sebanyak 568.000 jiwa. Jumlah kasus malaria terus meningkat pada tahun 2020-2021, namun lebih lambat dibandingkan tahun 2019-2020 (WHO, 2022).

Berikut ini adalah kategorisasi epidemiologi malaria berdasarkan kriteria pengukuran seperti tingkat parasit atau limpa: 1) Hipoendemik: tingkat parasit atau limpa 0–10% 2) Mesoendemik: tingkat parasit atau limpa 10–50% 3)

Hiperendemik: tingkat parasit atau limpa 50–75%, seringkali lebih tinggi pada orang dewasa daripada pada anak-anak. 4) Holoendemik: tingkat parasit atau limpa >75%, seringkali lebih rendah pada orang dewasa (Gunawan, 2017). Siapa pun dapat terserang malaria, tanpa memandang usia, jenis kelamin, atau status bayi, anak-anak, atau orang dewasa. Daerah endemik malaria seringkali merupakan pemukiman terisolasi dengan keadaan lingkungan yang tidak mendukung, akses yang terbatas ke layanan kesehatan, status sosial ekonomi rendah, tingkat pendidikan rendah, dan sikap yang tidak mendukung terhadap piliha



Gambar 2.3 Peta Endemisitas Malaria Tahun 2023 (Kemenkes RI, 2023)

d. Patogenitas

Interaksi yang rumit antara parasit, inang, dan lingkungan menyebabkan patogenesis malaria. Patofisiologi kondisi ini sebagian besar melibatkan peningkatan permeabilitas pembuluh darah, bukan koagulasi intravaskular. Anemia merupakan efek dari malaria yang menghancurkan sel darah merah. Tingkat keparahan anemia, yang tidak sepadan dengan infeksi parasit, menunjukkan bahwa sel darah merah selain yang mengandung parasit memiliki

kelainan. Toksin dari malaria diduga menjadi penyebabnya karena dapat merusak sel darah merah dan melepaskan parasit saat dipecah oleh limpa (Fitriany, 2018).

e. Gejala Klinis

Setelah waktu tersebut berlalu, gejala-gejala seperti demam, menggigil, nyeri tubuh, atau nyeri sendi yang dapat menyebabkan muntah, anemia, pembesaran hati dan limpa, urin berwarna gelap dan keruh, dan kejang-kejang dapat muncul. Gejala yang umum adalah sensasi kaku dan dingin yang tiba-tiba, yang diikuti dalam 4–6 jam oleh demam dan keringat yang banyak (Zulkarnain, 2019). Setiap spesies memiliki waktu inkubasi intrinsik yang berbeda, yaitu sebagai berikut:

- 1) *P. falciparum* : 9 - 14 hari
- 2) *P. vivax* : 12 - 17 hari
- 3) *P. malariae* : 18 - 40 hari
- 4) *P. ovale* : 16 - 18 hari
- 5) *P. Knowlesi* : 10 - 12 hari

gejala klasik malaria terdiri dari tiga tahap:

1) Fase dingin

Tahap ini berlangsung antara lima belas menit dan satu jam. Dimulai dengan menggigil dan perasaan sangat dingin, gigi gemeretak, denyut nadi cepat tetapi lemah, sianosis (bibir dan jari biru dan pucat), kulit kering, dan kadang-kadang, muntah.

2) Fase pemanasan

Tahap ini berlangsung antara dua dan empat jam. Pasien menjadi panas. Ada kemerahan di wajah, kulit kering, sakit kepala, dan sering muntah. Suhu tubuh dapat meningkat hingga 41°C atau lebih, ada rasa haus yang hebat, dan denyut nadi bertambah kuat sekali lagi. Kejang pada anak-anak dapat terjadi akibat suhu tubuh yang sangat tinggi.

3) Fase berkeringat

Tahap ini berlangsung antara dua dan empat jam. Pasien berkeringat banyak. Suhu tubuh turun, mungkin di bawah rata-rata. Pasien kemudian sering rileks sampai mereka tertidur. Orang tersebut mungkin merasa lemah saat bangun, tetapi mereka tidak menunjukkan gejala apa pun dan mampu melanjutkan aktivitas rutin mereka. Gejala tradisional, yang dikenal sebagai trio malaria, sering menyerang orang yang tidak memiliki kekebalan dan berasal dari daerah non-endemik malaria dan berlanjut selama enam hingga sepuluh jam (Fitriany & Sabiq, 2018).

f. Diagnosis

Ada beberapa tes lain yang dapat dilakukan untuk memastikan diagnosis malaria, seperti tes diagnostik cepat (RDT), sampel intradermal, dan pemeriksaan mikroskopis. Standar emas untuk mendiagnosis malaria secara meyakinkan adalah pemeriksaan mikroskopis. Apusan darah tebal dan tipis dibuat untuk melakukan pemeriksaan mikroskopis. Tujuan pemeriksaan apusan darah tebal dan tipis (SD) di rumah sakit, klinik, pusat kesehatan, atau tempat praktik adalah

untuk memastikan hal-hal berikut: a) spesies dan stadium Plasmodium; b) ada atau tidaknya parasit malaria (positif atau negatif); dan c) kepadatan parasit. Pendekatan semi-kuantitatif yang paling sering digunakan memiliki karakteristik berikut: 1) Positif (+) (tidak ada parasit yang terdeteksi pada 100 HPF / lapangan daya tinggi) 100 / HPF terungkap 1 (1–10) parasit (++) positif Dua (11–100 parasit dalam 100 / HPF) positif (+++) 3 parasit (1–10) ditemukan dalam 1 / HPF (++++) menguntungkan 4 (> 10

Pemeriksaan darah tepi pada individu yang sedang menjalani atau baru saja menyelesaikan terapi anti-malaria mungkin sulit dilakukan dalam mendeteksi parasit malaria. Apusan darah tipis atau tebal digunakan untuk mengevaluasi darah tepi secara mikroskopis. Bila dilakukan dengan benar, pemeriksaan mikroskopis tidak hanya menghasilkan diagnosis malaria yang dapat diandalkan tetapi juga memungkinkan penentuan jenis dan jumlah parasit malaria yang menginfeksi pasien (Kemenkes RI, 2021).

2.) *Anopheles sp*

a. Klasifikasi Nyamuk *Anopheles sp*

Nyamuk *Anopheles sp* dikategorikan sebagai berikut:

Animalia adalah Kingdom

Kelas: Arthropoda

Kelas: Insecta

Diptera Ordo: Culicidae Famili

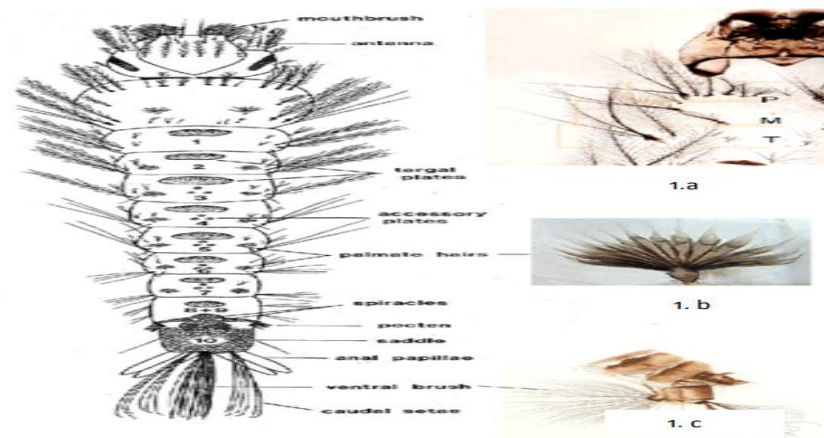
Kategori: Anophelini

Kelas: Anopheles

Anemone sp. adalah spesiesnya (Borrer, 2019).

b. Morfologi Nyamuk *Anopheles* sp.

Nyamuk ini memiliki tiga pasang kaki, dua pasang sayap di dada, dua antena di kepala, dan tubuh bersisik yang ukurannya berkisar antara 3,5 hingga 5 mm. Belalainya, atau bagian mulutnya, digunakan untuk menghisap darah dari manusia dan hewan. Meskipun panjangnya 4,13 mm, nyamuk *Anopheles* dewasa memiliki struktur tubuh yang kuat dan endoskeleton serta eksoskeleton yang kuat untuk melindungi organ-organ internalnya yang halus. Nyamuk *Anopheles* menggigit di malam hari, menukik ke bawah dan menggigit secara miring. Mereka memiliki berbagai macam warna; beberapa memiliki kaki hitam, sementara yang lain memiliki bercak putih. Mereka sering bertengger di sisi lumbung atau rumah.



Gambar 2.4 Larva *Anopheles* sp: (1. a) Thorax, (1.b) Palmate hairs, dan (1.c) Ventralbrush (Sumber: WHO 2020).

c. Siklus Hidup Nyamuk *Anopheles sp.*

Selama tujuh hingga empat belas hari, nyamuk *Anopheles* mengalami metamorfosis lengkap, meliputi tahap telur, larva, pupa, dan dewasa. Ada dua jenis habitat untuk tahap-tahap ini: akuatik dan terestrial. Setelah siklus hidupnya selesai, nyamuk dewasa bermigrasi dari lingkungan akuatik ke terestrial. Akibatnya, air sangat penting untuk kelangsungan hidup nyamuk, terutama selama fase larva dan pupa. Nyamuk *Anopheles* betina dewasa secara individu atau kolektif menyimpan antara 50 dan 200 telur di dalam air. Dengan kemampuan berenang, telur *Anopheles* menetas menjadi larva dalam dua hingga tiga hari (atau, di iklim yang lebih dingin, dua hingga tiga minggu). Pertumbuhan larva berlangsung selama periode 7 hingga 20 hari, tergantung pada suhu, dan diatur oleh nutrisi, musuh alami, dan suhu. Di lingkungan akuatik, pupa adalah tahap terakhir dan mandiri. Perkembangan sistem reproduksi, sayap, dan kaki pada nyamuk terjadi selama tahap ini. Nyamuk jantan muncul sekitar satu hari lebih awal daripada nyamuk betina dari kelompok telur yang sama karena tahap kepompongnya berlangsung satu hingga dua jam lebih pendek daripada nyamuk betina. Tahap kepompong berlangsung selama dua hingga empat hari (Rinidar, 2020).

3.) Hemoglobin

a. Definisi

Hemoglobin adalah protein yang kaya akan zat besi yang dapat mengikat oksigen (O_2) dengan afinitas, membentuk oksihemoglobin dalam sel darah merah. Paru-paru akan mentransfer oksigen, atau O_2 , ke jaringan tubuh. Salah satu protein yang sangat bermanfaat dalam darah disebut hemoglobin. Sel darah merah mengandungnya, dan bertugas mendistribusikan oksigen ke seluruh tubuh. Pasien yang tubuhnya menunjukkan penurunan konsentrasi hemoglobin sangat rentan terhadap anemia karena konsentrasi hemoglobin yang menurun ini (Kiswari, 2014).

b. Manfaat Hemoglobin

Kemampuan hemoglobin untuk mengendalikan pertukaran oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) di dalam jaringan tubuh merupakan salah satu fungsi terpentingnya. Darah memperoleh warna merahnya dari oksigen yang menempel pada sel darah merah, atau eritrosit, dan organisme dapat menderita jika proses ini terhambat. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2021) mencantumkan fungsi-fungsi berikut sebagai Hb: 1.) Mengendalikan pertukaran karbon dioksida dan oksigen di seluruh jaringan tubuh. 2.) Mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan memindahkannya dari paru-paru. 3.) Mengangkut

karbon dioksida ke paru-paru untuk dikeluarkan dari jaringan tubuh melalui metabolisme. Kadar Hb dapat diukur untuk mendiagnosis anemia (Fadlilah, 2018).

Tabel 2.3 Nilai Normal Hb Menurut WHO

Kelompok Usia	Nilai Hemoglobin (gr/dl)
Bayi	16,5 ± 3,0 gr/dl
Anak	12,0 gr/dl
Pria dewasa	13,0-16,0 gr/dl
Wanita dewasa	12,0-14,0 gr/dl
Wanita hamil	11,0 gr/dl

(Sumber: WHO 2020).

c. Pembentukan Hemoglobin

Sumsum tulang menghasilkan sel darah merah dewasa, yang merupakan sel bikonkaf. Kondensasi glisina dan suksinil koenzim A, di mana aktivitas enzim yang penting akan membatasi laju reaksi, merupakan langkah pertama dalam aktivitas metabolisme yang menghasilkan heme, atau bahan penyusun dasar hemoglobin, terutama di mitokondria. Secara khusus, protoporfirin bergabung dengan rantai globin yang dihasilkan di polisom oleh piridoksal fosfat (vitamin B6), koenzim dari proses ini yang dipercepat oleh eritropoietin. Sebuah tentakel memiliki empat rantai globin, yang masing-masing memiliki gugus heme yang unik (Nisa, 2017).

d. Faktor-faktor yang mempengaruhi Hemoglobin

1. Jenis kelamin

Kadar hemoglobin wanita sering kali lebih rentan daripada pria. Dibandingkan dengan pria, wanita lebih mungkin mengalami penurunan kadar hemoglobin, terutama saat menstruasi (Fadlilah, 2018).

1. Usia

Wanita hamil, lansia, dan balita termasuk kelompok usia yang kadar hemoglobinnya sering turun. Kadar hemoglobin anak-anak dapat diturunkan oleh pola makan yang tidak seimbang; kebiasaan makan yang tidak teratur juga dapat berdampak. Penurunan kapasitas fisiologis semua sistem organ yang berkaitan dengan usia, terutama pada sumsum tulang yang menghasilkan sel darah merah, mengakibatkan penurunan produksi sel darah merah (Harapah, R. 2018).

3. Aktivitas

Setiap gerakan yang berasal dari otot rangka dan membutuhkan energi untuk digunakan dianggap sebagai aktivitas fisik. Aktivitas fisik yang sering menurunkan kemungkinan terkena penyakit kronis dan meningkatkan kesehatan mental pada individu. Selain meningkatkan metabolisme, latihan fisik juga menurunkan pH dengan menghasilkan lebih banyak asam (asam

laktat dan ion hidrogen). Daya tarik antara oksigen dan hemoglobin berkurang pada nilai pH rendah. Jumlah oksigen yang dikirim ke otot meningkat akibat hemoglobin melepaskan lebih banyak oksigen. Kadar hemoglobin dapat meningkat dengan olahraga teratur, namun dapat turun dengan olahraga berat akibat hemolisis (Guiton dalam Fadlilah, 2018).

4. Kadar Zat Besi yang Cukup dalam Tubuh

Zarianis (2016) menyatakan bahwa anemia gizi mengakibatkan kadar hemoglobin rendah dan produksi sel darah merah lebih sedikit karena tubuh membutuhkan zat besi yang cukup untuk membuat hemoglobin. Tugas hemoglobin adalah membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh sehingga dapat dihembuskan bersama dengan sitokrom dan konstituen sistem enzim pernapasan lainnya termasuk katalase, peroksidase, dan sitokrom oksidase.

e. **Pemeriksaan Hemoglobin**

Pengukuran kadar Hb menurut Hoffbrand (2019) dapat dilakukan dengan berbagai macam metode pengukuran yaitu:

a) Metode Tallquist

untuk mengukur hemoglobin (Hb) didasarkan pada warna darah karena Hb berkontribusi terhadap warna merah eritrosit. Dengan membandingkan warna darah dengan warna standar yang memiliki konsentrasi hemoglobin

yang diketahui dalam satuan (%), seseorang dapat menentukan proporsi Hb dalam darah. Sepuluh gradasi, mulai dari merah muda pucat hingga merah tua dan dengan kisaran 10% hingga 100%, membentuk standar warna Tallquist. Setiap gradasi bervariasi sebesar 10%. Standar warna yang tidak stabil, yang tidak dapat mempertahankan warna aslinya dan mudah memudar karena merupakan warna di atas kertas, merupakan salah satu unsur kesalahan yang berkontribusi terhadap tingkat kesalahan pemeriksaan sebesar 30–50%, itulah sebabnya pendekatan ini tidak lagi digunakan.

- b) Pengujian hemoglobin (Hb) berdasarkan pembentukan warna (visualisasi atau kolorimetri) dikenal sebagai teknik Sahli.

Hematin asam, yang dihasilkan ketika darah bereaksi dengan HCl, berubah menjadi rona coklat. Warna ini dapat distandarkan dengan mengencerkan larutan yang dihasilkan dengan akuades. Karena persyaratan peralatannya yang rendah, teknik pemeriksaan hemoglobin Sahli masih sering digunakan di beberapa laboratorium klinis kecil dan lembaga kesehatan; meskipun demikian, pemeriksaan ini memiliki tingkat kesalahan atau penyimpangan sebesar 15%–30%.

- c) Berat jenis merupakan dasar dari teknik Kupersulfat; CuSO_4 yang digunakan memiliki berat jenis sebesar 1,053. Dengan menggunakan teknik tembaga sulfat, kadar Hb diukur dengan memasukkan darah ke dalam gelas atau wadah yang diisi dengan larutan biru (CuSO_4 , berat

jenis 1,053). Hal ini memungkinkan proteinase tembaga untuk membungkus darah dan mencegah variasi berat jenis dalam waktu 15 menit. Kadar Hb lebih dari 12,5 g/dL jika darah menetes dan tidak terlihat dalam waktu kurang dari 15 detik. Kadar Hb kurang dari 12,5 g/dL jika darah menjadi diam di bagian tengah atau kembali ke permukaan. Pendekatan yang lebih baik harus digunakan untuk pemeriksaan ulang atau konfirmasi jika tetesan darah turun perlahan, karena hal ini menunjukkan bahwa hasilnya dipertanyakan. d) Cyanmethemoglobin adalah pemeriksaan hemoglobin (Hb) yang menggunakan spektrofotometer atau fotometer untuk kolorimetri. Dengan margin kesalahan 2%, teknik cyanmethemoglobin disarankan untuk memperkirakan kadar hemoglobin.

d) Menggunakan hematology analyzer untuk pengukuran fotometrik.

Ini adalah pemeriksaan yang paling banyak diminta dan sering dilakukan di rumah sakit saat ini dengan menggunakan teknologi mutakhir seperti hematological analyzer. Meskipun hematology analyzer cukup mahal, prosedur pemeriksaannya sederhana dan cepat selesai. Spesimen ditempatkan dalam tabung vakum yang berisi EDTA untuk proses pemeriksaan. Tabung kemudian dihomogenkan, didekatkan, dan dimasukkan ke dalam jarum penghisap sampel darah. Tombol kemudian ditekan untuk menyedot sampel darah. Darah akan

dipisahkan secara otomatis, dan berbagai perhitungan termasuk analisis hemoglobin, indeks eritrosit, dan indeks leukosit akan dilakukan.

Saat menguji hemoglobin, sejumlah faktor harus dipertimbangkan yang memengaruhi stabilitas sampel darah, termasuk suhu, lama penyimpanan, kontaminasi, paparan cahaya, dan penguapan. Penelitian ini menggunakan alat analisis hematologi untuk pengujian Hb. Alat analisis hematologi menawarkan sejumlah manfaat, termasuk keakuratan hasil, volume sampel, dan efisiensi waktu. Pengujian alat analisis hematologi berlangsung cepat, hanya memerlukan waktu 45 detik atau kurang. Volume darah vena yang lebih sedikit dapat digunakan untuk sampel darah. Hasil alat ini umumnya sesuai dengan kendali mutu laboratorium internal (Medonic, 2016).

Pemeliharaan alat analisis hematologi perlu dilakukan dengan sangat hati-hati. Untuk menghindari pembekuan, suhu ruangan harus dipantau secara berkala, bahan kimia harus disimpan dengan benar, dan sampel harus diawetkan. Sampel darah yang digunakan telah ditambahkan antikoagulan. Menghisap sampel dapat merusak alat jika terdapat gumpalan. (Medonic, 2016).

f. Hubungan Hb dan Malaria

Parasit malaria, yang menyebabkan malaria, dan kadar hemoglobin saling terkait dengan cara-cara berikut: (1) Sel darah merah terinfeksi oleh parasit

malaria, yang kemudian tumbuh di dalamnya. Hemoglobin dilepaskan ke dalam aliran darah sebagai hasil dari proses ini, yang merusak dan memecah sel darah merah. (2) Parasit Plasmodium menyebabkan sel darah merah yang terinfeksi pecah, yang menurunkan kadar hemoglobin darah. (3) Anemia, suatu gangguan di mana kadar hemoglobin darah turun, dapat terjadi setelah infeksi malaria yang berulang atau parah. Sejumlah hal berkontribusi terhadap hal ini, seperti penghancuran parasit pada sel darah merah, kehilangan darah melalui pecahnya sel darah merah, dan gangguan sumsum tulang terhadap pembentukan sel darah merah yang teratur. (4) Gejala anemia yang disebabkan malaria meliputi kulit pucat, kelelahan, pusing, dan sesak napas. Gejala-gejala ini berhubungan dengan berkurangnya kapasitas darah untuk membawa oksigen ke jaringan tubuh karena kadar hemoglobin telah turun. Dengan demikian, kadar hemoglobin dan parasit malaria Plasmodium saling berhubungan karena infeksi Plasmodium dapat menurunkan kadar hemoglobin darah, yang kemudian dapat mengakibatkan anemia dan gejala terkait (Stefani, 2019).

4.) **Trombosit**

a. **Definisi**

Sel darah terdiri dari unit terkecil, yang disebut trombosit. Sel-sel ini memiliki struktur seperti cakram dengan diameter 1 hingga 4 mikron dan volume 7-8 fl. Bentuknya seperti bulat, oval, atau pipih dan tidak memiliki nukleus. Setiap megakariosit, yang berasal dari fragmen megakariosit, yang

merupakan sel sumsum tulang yang belum matang, menghasilkan tiga hingga empat ribu trombosit. Sirkulasi darah mengandung trombosit yang bersirkulasi selama tujuh hingga sepuluh hari. Sekitar sepuluh hari diperlukan untuk seluruh siklus hidup trombosit, yang meliputi diferensiasi sel induk dan pembentukan trombosit. Jumlah trombosit unit darah normal berkisar antara 150.000 hingga 400.000 (Kiswari, 2014).

b. Fungsi Trombosit

Perkembangan bekuan darah sangat dipengaruhi oleh trombosit. Trombosit bergerak melalui aliran darah secara teratur. Karena banyaknya kolagen yang terpapar di lapisan subendotel arteri darah, trombosit akan bergerak ke bagian pembuluh darah yang rusak. Trombosit menempel pada area yang cedera dan menghasilkan zat kimia yang menyebabkan pembuluh darah menyempit. Setelah menempel pada arteri darah yang cedera, trombosit juga memiliki kemampuan untuk berubah bentuk dan komposisi. Trombosit menggumpal dan menjadi lengket untuk menciptakan sumbat trombosit, yang membantu area yang cedera pulih lebih efektif (Handayani, 2018).

c. Kelainan Jumlah Trombosit

1. Trombositosis

Kelainan yang dikenal sebagai trombositosis terjadi ketika terdapat lebih banyak trombosit per mililiter darah, lebih dari 400.000/ μ l dari biasanya. Ada dua jenis trombositosis: primer dan sekunder (Kiswari, 2014).

2. trombositopenia, atau insufisiensi trombosit

didefinisikan sebagai konsentrasi trombosit yang lebih rendah dari biasanya dalam aliran darah (150.000–400.000/ μ l). Kondisi ini sering terlihat pada orang dengan infeksi protozoa yang dimediasi imun, leukemia, anemia, dan infeksi virus. (Hoffbrand *et al.*, 2017).

d. Pemeriksaan Hitung Jumlah Trombosit

Terdapat dua metode untuk melakukan penghitungan trombosit, yaitu secara otomatis dan manual. Apusan darah tepi dapat dilakukan secara tidak langsung dengan pendekatan manual, atau secara langsung dengan bilik hitung (Umarani, 2016). Dalam penelitian ini, pengujian trombosit dilakukan secara otomatis. Penganalisis hematologi saat ini digunakan di sebagian besar laboratorium klinis karena kemajuan teknologi dan meningkatnya kebutuhan diagnostik hematologi. Dengan mengukur dan menghitung sel darah secara otomatis, teknologi ini menggunakan impedansi listrik atau berkas cahaya yang melewati sel. Pemeriksaan hematologi rutin, seperti pemeriksaan hemoglobin, penghitungan trombosit, penghitungan sel darah merah, dan penghitungan sel darah putih, sering kali dilakukan dengan menggunakan penganalisis hematologi. Prinsip reaksi dalam perangkat hematologi otomatis sangat bervariasi, termasuk pengukuran impedansi dan pengukuran dengan *flowcytometri*.

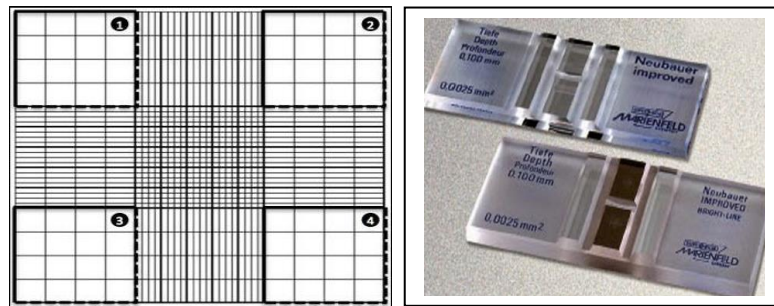


Gambar 2.5 Alat *Hematology Analyzer* (Ginting, 2016)

Efisiensi waktu merupakan salah satu manfaat dari peralatan hematologi otomatis. Peralatan otomatis memungkinkan pengujian yang cepat. Banyak parameter pemeriksaan dapat dilakukan sekaligus. Selain itu, volume sampel yang dibutuhkan lebih sedikit. Manfaat lainnya adalah proses pengendalian mutu internal laboratorium telah memastikan kebenaran hasil. Mesin hematologi otomatis memberikan manfaat, tetapi juga memiliki kekurangan, seperti ketidakmampuan untuk mengukur sel abnormal dan biaya perawatan yang tinggi (Ginting, 2016).

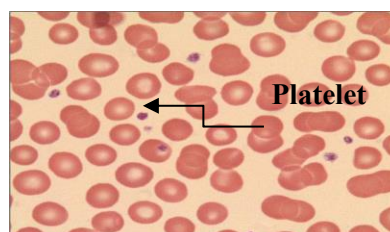
Rees Ecker, Brecher Cronkite, dan ruang hitung Neubauer yang dimodifikasi semuanya dapat digunakan untuk melakukan uji hitung trombosit manual secara langsung. Teknik Rees Ecker melibatkan pengenceran darah dengan larutan BCB (Brilliant Cresyl Blue) untuk memberikan tampilan trombosit kebiruan. Sementara itu, teknik Brecher Cronkite melisiskan sel darah merah dan hanya menyisakan trombosit dengan mengencerkan darah dengan larutan amonium oksalat 1%. Pendekatan Rees-Ecker memiliki tingkat kesalahan 16–25%, sedangkan metode Brecher Cronkite memiliki tingkat kesalahan 8–10%. Kesalahan dapat terjadi akibat metode pengambilan sampel

yang tidak tepat, pengenceran darah yang keliru, dan distribusi trombosit yang tidak merata (Kiswari, 2019).



Gambar 2.6 Kamar Hitung Improved Neubauer (Arif, 2016)

Metode Barbara Brown, yang melibatkan penghitungan trombosit pada apusan darah tepi, dapat digunakan untuk penghitungan trombosit tidak langsung. Seribu sel darah merah digunakan untuk menghitung trombosit. Dalam hematologi, melakukan apusan darah tepi sangatlah penting. Apusan darah tepi dapat mengungkapkan informasi mengenai gangguan hematologi, termasuk bentuk sel darah yang tidak normal (Kiswari, 2019). Penting untuk diingat bahwa hanya sekitar 2/3 atau 3/4 dari slide kaca yang digunakan saat membuat apusan darah. Penting untuk membuat apusan cukup tebal untuk memungkinkan pemisahan eritrosit di sekitarnya (Freund, 2021).

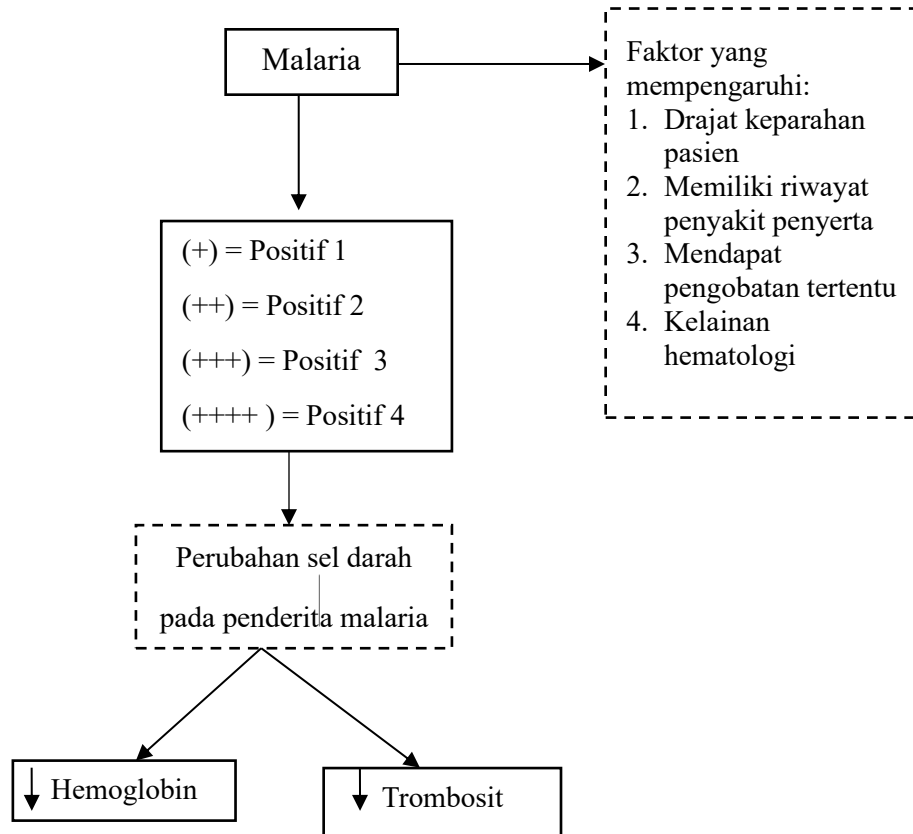


Gambar 2.7 SADT Hitung Trombosit Pada Perbesaran 100x (Freund, 2021).

e. Hubungan Jumlah Trombosit dan Malaria

Trombositopenia, sering terkait dengan keparahan malaria dan dapat disebabkan oleh berbagai mekanisme seperti kerusakan oleh sistem kekebalan tubuh, interaksi parasit dengan struktur trombosit, apoptosis trombosit, DIC, sekuestrasi di limpa, koagulopati, dan stres oksidatif. *Plasmodium falciparum* mengubah permukaan sel darah merah menjadi tonjolan disebut knob, memungkinkan sel darah merah terinfeksi menempel pada trombosit dan endotel di sekitarnya. IgG terkait trombosit meningkat dalam malaria, berhubungan dengan trombositopenia, dan dapat mengaktifkan trombosit serta meningkatkan penghancuran trombosit oleh sistem retikuloendotelial, khususnya di limpa, (Sutanto, 2019).

B. Kerangka Pikir



Keterangan: : Variabel yang diteliti
 : Variabel yang tidak diteliti

Gambar 2.8 Kerangka Pikir

C. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah, hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah

1. Terdapat hubungan antara kadar hemoglobin dengan malaria di Laboratorium Mitra Kimia Farma Sanggeng, Kabupaten Manokwari, Papua Barat.
2. Terdapat hubungan antara jumlah trombosit dengan malaria di Laboratorium Mitra Kimia Farma Sanggeng, Kabupaten Manokwari, Papua Barat.