

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Demam Tifoid

1. Definisi Demam Tifoid

Demam tifoid merupakan penyakit infeksi yang dapat menular dan disebabkan oleh bakteri *Salmonella enterica* serovar *Typhi* (*S. typhi*) serta *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* (*S. enteritidis*). Kedua bakteri tersebut termasuk basil Gram-negatif yang bersifat anaerob fakultatif dan memiliki endotoksin serta antigen Vi yang berperan dalam meningkatkan virulensi bakteri. Penularan *S. typhi* dapat berlangsung melalui kontak dengan feses, urin, maupun sekret dari individu yang terinfeksi, serta melalui konsumsi makanan atau air yang telah terkontaminasi. Kejadian demam tifoid umumnya berkaitan erat dengan rendahnya kebersihan diri dan kondisi sanitasi lingkungan yang tidak memadai (Brockett *et al.*, 2020).

Demam tifoid merupakan penyakit infeksi sistemik akut yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi* dan terutama menyerang saluran pencernaan, khususnya bagian usus halus. Manifestasi klinis yang paling sering ditemukan adalah demam berkepanjangan yang berlangsung lebih dari satu minggu dan cenderung menetap. Selain demam, penderita dapat mengalami berbagai gangguan pencernaan, seperti nyeri abdomen, mual, dan muntah. Pada kondisi tertentu, penyakit ini juga dapat disertai dengan gangguan kesadaran. Penularan demam tifoid umumnya berlangsung melalui konsumsi makanan atau minuman yang telah terkontaminasi feses maupun urin dari individu yang terinfeksi *Salmonella typhi* (Kementrian Kesehatan RI, 2024).

Demam tifoid adalah penyakit infeksi akut yang menyerang sistem pencernaan dan disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi* maupun *Salmonella paratyphi* serotipe A, B, dan C. Pada kelompok anak-anak dan remaja, karakteristik penderita demam tifoid dapat berkaitan dengan beberapa faktor, antara lain usia, jenis kelamin, durasi dan derajat demam, hasil pemeriksaan Widal, serta jenis antibiotik yang digunakan dalam pengobatan (Mustofa, Rafie and Salsabilla, 2020). Di Indonesia, demam tifoid masih menjadi salah satu

penyakit menular yang berpotensi menimbulkan angka kematian cukup tinggi dan banyak ditemukan pada kelompok anak-anak serta remaja. Tingginya kejadian tersebut dapat dipengaruhi oleh rendahnya kesadaran dalam menerapkan kebersihan makanan dan menjaga sanitasi lingkungan, serta sistem kekebalan tubuh anak yang masih dalam tahap perkembangan. Penularan demam tifoid dapat dipengaruhi oleh keberadaan reservoir hewan, kebiasaan mengonsumsi makanan dari sumber yang kurang terjamin kebersihannya, pengolahan makanan yang tidak memenuhi prinsip higiene, serta kurangnya penerapan kebersihan diri (Suprpto, 2021). Di antara berbagai faktor yang berperan dalam penularan demam tifoid, perilaku individu merupakan salah satu aspek yang sangat penting. Penerapan higiene personal, seperti mencuci tangan secara rutin serta menjaga kebersihan kuku, gigi dan mulut, pakaian, maupun rambut, merupakan upaya preventif yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko masuknya mikroorganisme penyebab penyakit ke dalam tubuh (Ardiaria, 2019). Demam tifoid juga memiliki keterkaitan dengan kebiasaan mencuci tangan sebelum makan serta penerapan higiene personal dalam kehidupan sehari-hari (Rahmawati, 2020). Tingkat pengetahuan dan perilaku orang tua yang berbeda antara masyarakat di wilayah pedesaan dan perkotaan dapat memengaruhi penerapan tindakan pencegahan demam tifoid. Oleh karena itu, edukasi dan peningkatan kesadaran mengenai pentingnya kebersihan diri serta sanitasi lingkungan perlu dilakukan secara berkelanjutan. Selain itu, pembiasaan perilaku hidup bersih pada anak sejak usia dini juga penting untuk membantu mengurangi risiko penularan demam tifoid (Rohana, 2017).

Demam tifoid banyak dijumpai di wilayah beriklim tropis dan subtropis, terutama pada daerah dengan kondisi sanitasi dan ketersediaan air bersih yang belum memadai (Idrus, 2020). Penyakit ini termasuk dalam kelompok penyakit menular sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular. Penyakit menular merupakan penyakit yang dapat berpindah dari satu individu ke individu lainnya dan berpotensi menginfeksi banyak orang sehingga dapat menyebabkan terjadinya wabah (Idrus, 2020). Di Indonesia, demam tifoid cukup sering ditemukan pada kelompok anak dan remaja berusia 3–19 tahun. Risiko infeksi dapat lebih tinggi pada anak yang banyak

melakukan aktivitas di luar rumah serta kurang memperhatikan kebersihan diri dan lingkungan (Tobing, 2024).

Keberadaan *Salmonella typhi* di dalam tubuh dapat menimbulkan respons inflamasi pada jaringan yang terinfeksi. Perkembangbiakan bakteri tersebut dapat merangsang leukosit di daerah peradangan untuk menghasilkan mediator pirogen yang berperan dalam meningkatkan suhu tubuh sehingga menimbulkan demam. Semakin tinggi jumlah bakteri yang terdapat dalam sirkulasi darah, semakin besar pula respons demam yang dapat terjadi pada penderita. Selain faktor bakteri, kejadian demam tifoid juga berkaitan erat dengan kondisi lingkungan, terutama penggunaan air yang tidak memenuhi standar kelayakan konsumsi dan sanitasi yang kurang baik. Kedua kondisi tersebut merupakan faktor yang dapat meningkatkan risiko terjadinya penularan demam tifoid.

2. Patogenesis Demam Tifoid

Salmonella typhi memasuki tubuh melalui mulut, terutama melalui konsumsi makanan atau minuman yang telah terkontaminasi. Setelah mencapai lambung, sebagian bakteri akan mengalami kerusakan akibat lingkungan asam lambung, sedangkan bakteri yang mampu bertahan akan melanjutkan perjalanan menuju usus halus dan berkembang biak. Proses infeksi selanjutnya dapat menyebabkan berbagai gangguan pada tubuh, termasuk pembesaran limpa dan komplikasi pada saluran pencernaan seperti perdarahan. Kelainan terutama dapat terjadi pada bagian ileum, sedangkan gangguan saluran pencernaan lainnya dapat disertai dengan gejala seperti muntah (Ardiaria, 2019).

3. Epidemiologi Demam Tifoid

Demam tifoid merupakan penyakit infeksi yang dapat ditemukan di berbagai belahan dunia, terutama pada wilayah beriklim tropis dan subtropis dengan kondisi sanitasi yang kurang baik serta keterbatasan dalam memperoleh air bersih. Di Indonesia, demam tifoid masih bersifat endemis dengan angka kejadian yang diperkirakan berkisar antara 45 hingga 1.000 kasus per 100.000 penduduk setiap tahun. Secara internasional, tingkat kejadian penyakit ini menunjukkan variasi antarwilayah. Pada tahun 2003, Bangladesh dilaporkan

memiliki angka insidensi yang mencapai sekitar 2.000 kasus per 100.000 penduduk, sedangkan Eropa sekitar 3 kasus, Afrika sekitar 50 kasus, dan Asia mencapai 274 kasus per 100.000 penduduk per tahun.

Di Indonesia, kejadian demam tifoid masih relatif tinggi, dengan angka sekitar 358 kasus per 100.000 penduduk di wilayah pedesaan dan mencapai 810 kasus per 100.000 penduduk di daerah perkotaan. Kondisi tersebut diperkirakan menghasilkan sekitar 600.000–1.500.000 kasus setiap tahunnya, dengan *case fatality rate* yang dapat mencapai 10%. Tingginya angka kejadian demam tifoid tersebut berkaitan dengan berbagai faktor, terutama kondisi sosial ekonomi masyarakat yang rendah serta sanitasi lingkungan yang belum memadai (Idrus, 2020).

4. Etiologi Demam Tifoid

Etiologi demam tifoid disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi* dan *Salmonella paratyphi* yang termasuk dalam famili Enterobacteriaceae. Bakteri tersebut memiliki bentuk batang atau basil, bersifat Gram-negatif dan motil, serta mempunyai kapsul dan flagela, tetapi tidak menghasilkan spora. Kemampuan bergerak pada bakteri ini berasal dari flagela yang berbentuk seperti rambut halus. *Salmonella typhi* mampu bertahan pada kisaran pH 6–8 dan suhu lingkungan sekitar 15°C–41°C, sedangkan suhu yang optimal untuk pertumbuhannya adalah 37°C. Bakteri tersebut dapat mengalami kematian apabila dipanaskan pada suhu 54,4°C selama satu jam atau pada suhu 60°C selama 15–20 menit. Selain itu, *Salmonella typhi* juga dapat diinaktivasi melalui proses pasteurisasi, perebusan, maupun klorinasi. Penularan *Salmonella typhi* pada umumnya berlangsung melalui jalur fekal-oral, yaitu ketika seseorang mengonsumsi makanan atau minuman yang telah terkontaminasi bakteri. Secara struktural, dinding sel bakteri ini tersusun atas komponen lipoprotein sekitar 20%, sedangkan sisanya terdiri atas fosfolipid dan lipopolisakarida (LPS) (Idrus, 2020).

5. Gejala Klinis pada Demam Tifoid

Manifestasi klinis demam tifoid dapat bervariasi, mulai dari gejala ringan hingga kondisi yang berat. Pada minggu pertama, penderita umumnya mengalami

demam yang meningkat secara bertahap dan biasanya lebih tinggi pada sore hingga malam hari. Kondisi tersebut dapat disertai keluhan lain, seperti sakit kepala, pusing, nyeri otot, mual, muntah, diare, nyeri abdomen, dan batuk. Memasuki minggu kedua, demam cenderung menetap dan dapat disertai bradikardia relatif. Pada tahap ini, lidah dapat tampak kotor dengan bagian tepi berwarna kemerahan dan disertai tremor. Selain itu, dapat ditemukan pembesaran hati dan limpa, perut kembung akibat meteorismus, serta gangguan kesadaran berupa somnolen maupun delirium.

Pada bayi, infeksi demam tifoid dapat menunjukkan gambaran klinis berupa gastroenteritis atau sepsis dan dapat berkaitan dengan penularan dari ibu. Sementara itu, anak berusia kurang dari lima tahun umumnya menunjukkan gejala yang lebih ringan dan tidak spesifik, seperti demam yang disertai gangguan saluran pencernaan. Apabila kondisi tersebut tidak segera dikenali dan ditangani, infeksi dapat berkembang menjadi komplikasi yang lebih berat.

Setelah melalui masa inkubasi sekitar 7–14 hari, penderita dapat mengalami demam tinggi dengan suhu mencapai 39–40°C. Gejala tersebut dapat menyerupai influenza dan disertai sakit kepala, penurunan nafsu makan, serta nyeri otot. Manifestasi klinis lainnya meliputi lidah kotor, nyeri abdomen, diare, hepatomegali, splenomegali, bradikardia relatif, dan pada beberapa kasus dapat terjadi konstipasi. Lesi kulit berupa *rose spot* atau makulopapular relatif jarang ditemukan pada populasi Asia. Pada kondisi berat, demam tifoid dapat menimbulkan berbagai komplikasi, seperti hepatitis, gangguan fungsi sumsum tulang, miokarditis, dan peritonitis (Kamrin *et al.*, 2023).

6. Hubungan Laju Endap Darah dengan Demam Tifoid

. Demam tifoid merupakan penyakit infeksi sistemik yang terjadi akibat masuknya bakteri *Salmonella typhi* ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan. Infeksi tersebut dapat menyebabkan peradangan pada mukosa usus, terutama pada bagian yang mengandung plak Peyer, sehingga memicu respons inflamasi baik secara lokal maupun sistemik. Respons peradangan yang terjadi selama infeksi dapat memengaruhi berbagai parameter hematologi, salah satunya berupa peningkatan nilai Laju Endap Darah.

Pada penderita demam tifoid, sistem imun tubuh akan diaktifkan sebagai bentuk pertahanan terhadap infeksi bakteri. Respons tersebut melibatkan berbagai sel imun, termasuk makrofag dan limfosit, yang menghasilkan sejumlah mediator peradangan berupa sitokin proinflamasi, seperti interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6), dan tumor necrosis factor- α (TNF- α). Pelepasan sitokin tersebut berperan dalam memperkuat respons inflamasi sistemik serta menstimulasi organ tertentu, terutama hati, untuk meningkatkan produksi protein fase akut.

Hati merupakan organ utama yang berperan dalam sintesis berbagai protein plasma. Ketika terjadi infeksi, hati akan meningkatkan produksi protein fase akut, termasuk fibrinogen dan globulin, sebagai bagian dari respons tubuh terhadap proses peradangan. Peningkatan kadar fibrinogen dalam plasma dapat memengaruhi nilai Laju Endap Darah karena protein tersebut mengurangi gaya tolak-menolak akibat muatan negatif pada permukaan eritrosit. Kondisi ini menyebabkan eritrosit lebih mudah membentuk agregasi atau susunan rouleaux, sehingga eritrosit dapat mengendap dengan lebih cepat.

Perubahan komposisi plasma dan sifat eritrosit yang terjadi selama proses inflamasi dapat menjelaskan peningkatan nilai Laju Endap Darah pada penderita demam tifoid. Laju Endap Darah merupakan parameter pemeriksaan yang bersifat nonspesifik dan dapat digunakan sebagai salah satu indikator adanya proses inflamasi dalam tubuh. Dengan demikian, semakin kuat respons inflamasi yang terjadi, kecenderungan peningkatan nilai Laju Endap Darah juga semakin besar.

Dengan demikian, peningkatan nilai Laju Endap Darah (LED) pada penderita demam tifoid tidak terjadi akibat keberadaan bakteri secara langsung, tetapi lebih berkaitan dengan respons inflamasi sistemik yang timbul selama proses infeksi. Respons tersebut melibatkan keterkaitan antara saluran pencernaan, sistem imun, fungsi hati, dan sistem sirkulasi darah. Oleh karena itu, pemeriksaan LED dapat digunakan sebagai salah satu parameter penunjang untuk mengetahui adanya proses inflamasi serta membantu memantau perkembangan kondisi pada penderita demam tifoid.

7. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Demam Tifoid

a. Sanitasi Lingkungan yang Buruk

Salah satu tantangan kesehatan yang masih dihadapi Indonesia adalah rendahnya kualitas kesehatan lingkungan yang berkaitan dengan belum optimalnya pengelolaan sanitasi dasar. Kejadian berbagai penyakit di suatu wilayah dapat dipengaruhi oleh tingkat kerentanan masyarakat terhadap kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan penyebaran mikroorganisme patogen. Keterbatasan akses terhadap air bersih, kurang tersedianya fasilitas sanitasi seperti jamban yang layak, serta rendahnya penerapan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) merupakan beberapa faktor yang dapat memperburuk kondisi tersebut. Salah satu penyakit yang memiliki keterkaitan erat dengan permasalahan sanitasi dan kebersihan lingkungan adalah demam tifoid (Aini, Joegijantoro and Subhi, 2021).

Ketersediaan air bersih harus memenuhi standar kesehatan agar dapat digunakan secara aman dan tidak menimbulkan risiko terhadap kesehatan masyarakat. Air yang memiliki kualitas di bawah standar dapat menjadi media penularan berbagai penyakit infeksi. Oleh karena itu, sumber air bersih perlu ditempatkan pada lokasi yang cukup jauh dari sumber pencemaran untuk mengurangi risiko kontaminasi oleh bakteri maupun mikroorganisme patogen, termasuk *Salmonella typhi* (Pangestu, Marita and Candra, 2023). Selain kualitas air, pengelolaan limbah yang kurang baik juga dapat berkontribusi terhadap meningkatnya risiko demam tifoid. Pembuangan sampah secara sembarangan dapat menciptakan lingkungan yang mendukung perkembangbiakan serangga, terutama lalat, yang berpotensi berperan dalam perpindahan mikroorganisme penyebab penyakit. Lalat umumnya tertarik pada lingkungan dengan kondisi kotor dan tumpukan sampah yang mengeluarkan bau tidak sedap sebagai sumber makanan maupun tempat berkembang biak. Keadaan tersebut dapat meningkatkan peluang terjadinya penyebaran bakteri penyebab demam tifoid (Husna, Fitriani and Lisna, 2020).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 3 Tahun 2014 tentang Sanitasi Total Berbasis Masyarakat, penggunaan jamban yang memenuhi

persyaratan kesehatan merupakan salah satu upaya penting dalam mencegah serta memutus mata rantai penularan penyakit. Oleh karena itu, setiap keluarga diharapkan memiliki dan menggunakan jamban sehat sesuai dengan standar kesehatan yang telah ditetapkan.

Kriteria jamban sehat mencakup hal-hal berikut:

- 1) Berjarak sekurang-kurangnya 11 meter dari sumber air bersih.
- 2) Tidak menimbulkan bau yang mengganggu dan tidak menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar.
- 3) Terlindungi dari keberadaan serangga maupun hewan pengerat seperti tikus.
- 4) Memiliki desain yang mudah dibersihkan dan dipelihara kebersihannya.
- 5) Dilengkapi dengan dinding serta atap sebagai pelindung.
- 6) Memiliki sistem ventilasi dan pencahayaan yang cukup.
- 7) Menggunakan lantai yang bersifat kedap air.
- 8) Tersedia air, sabun, serta perlengkapan yang diperlukan untuk menjaga kebersihan. (Verliani, Laily Hilmi and Salman, 2022).

Tinja dapat menjadi salah satu sumber penularan berbagai penyakit infeksi yang masih banyak ditemukan di masyarakat. Kandungan mikroorganisme patogen di dalam tinja dapat berpindah dan menginfeksi individu lain melalui berbagai media perantara, seperti air, tanah, makanan, sayuran, tangan, maupun serangga. Oleh karena itu, pengelolaan tinja dan limbah cair secara higienis serta sesuai dengan prinsip sanitasi yang baik sangat diperlukan untuk memutus rantai penularan penyakit. Sebaliknya, kondisi sanitasi lingkungan yang tidak memadai dapat meningkatkan risiko penyebaran berbagai penyakit di lingkungan masyarakat (Ulfa and Handayani, 2018).

b. Personal Hygiene yang Tidak Baik

Penerapan kebersihan personal merupakan salah satu langkah penting dalam mencegah penularan penyakit pada saluran pencernaan, terutama penyakit yang dapat menyebar melalui tangan yang terkontaminasi mikroorganisme. Mencuci tangan setelah buang air besar dan sebelum makan merupakan perilaku

preventif yang efektif untuk mengurangi risiko terjadinya infeksi, termasuk demam tifoid. Selain kebersihan tangan, menjaga kebersihan kuku juga penting karena kotoran dan mikroorganisme dapat menumpuk pada bagian tersebut. Untuk memperoleh hasil yang optimal, mencuci tangan sebaiknya dilakukan menggunakan sabun dan air mengalir dengan menggosok seluruh permukaan tangan, termasuk sela-sela jari dan bagian bawah kuku, sehingga mikroorganisme yang menempel dapat terangkat dan dibersihkan (Andayani and Fibriana, 2018).

Penggunaan sabun yang diikuti dengan pembilasan menggunakan air mengalir merupakan salah satu cara efektif untuk mengurangi mikroorganisme yang terdapat pada permukaan tangan. Tindakan tersebut dapat mencegah perpindahan bakteri maupun virus dari tubuh, feses, atau sumber kontaminasi lainnya ke makanan dan minuman. Efektivitas mencuci tangan dipengaruhi oleh kombinasi antara kemampuan sabun dalam membersihkan kotoran, gerakan menggosok tangan, serta aliran air yang membantu melepaskan dan menghilangkan partikel kotoran yang dapat mengandung mikroorganisme penyebab penyakit (Andayani and Fibriana, 2018).

Pencegahan penyakit infeksi sangat dipengaruhi oleh kesadaran setiap individu dalam menerapkan kebiasaan hidup bersih dan menjaga kebersihan diri. Penerapan perilaku hidup yang sesuai dengan prinsip kesehatan merupakan salah satu langkah penting untuk mengurangi risiko penularan penyakit. Kurangnya perhatian terhadap kebersihan personal dapat terlihat melalui berbagai perilaku yang tidak sehat, seperti tidak menjaga kebersihan tubuh, tidak mencuci tangan sebelum maupun setelah makan, menggunakan kembali peralatan makan yang belum dibersihkan secara optimal, serta tidak menggunakan jamban atau toilet ketika buang air besar maupun buang air kecil (Betan et al., 2022). Kebersihan diri yang kurang baik menunjukkan rendahnya penerapan personal hygiene dan dapat meningkatkan risiko seseorang terinfeksi bakteri *Salmonella typhi* sebagai penyebab demam tifoid (Fachrizal, Handayani and Ashan, 2022).

c. Seseorang dengan Riwayat Demam Tifoid

Demam tifoid dapat mengalami kekambuhan, terutama pada individu yang sebelumnya mengalami infeksi ringan sehingga pembentukan kekebalan tubuh

yang dihasilkan relatif rendah atau pada pasien yang mendapatkan pengobatan yang kurang optimal. Diperkirakan sekitar 10% kasus demam tifoid yang tidak ditangani secara adekuat dapat mengalami kekambuhan. Beberapa faktor yang dapat berperan terhadap terjadinya kekambuhan antara lain rendahnya daya tahan tubuh yang memungkinkan bakteri kembali aktif, penerapan kebersihan diri yang kurang baik meskipun kondisi lingkungan cukup bersih, kebiasaan mengonsumsi makanan atau minuman yang tidak higienis seperti makanan yang belum matang sempurna atau telah terkontaminasi lalat, serta pola hidup yang kurang sehat, termasuk kondisi stres dan faktor lainnya (Ramaningrum, Anggraheny and Putri, 2017).

Individu yang telah dinyatakan sembuh dari demam tifoid masih berpotensi menjadi pembawa bakteri *Salmonella typhi* dan mengeluarkannya melalui feses maupun urine selama masa pemulihan, bahkan hingga tiga bulan setelah kesembuhan. Selain itu, sekitar 3% penderita dapat tetap mengekskresikan bakteri tersebut dalam jangka waktu lebih dari satu tahun (Manalu and Rantung, 2021).

d. Kebiasaan Jajan diluar

Kebiasaan mengonsumsi makanan yang dibeli di luar rumah tanpa memperhatikan kebersihan makanan serta kondisi lingkungan tempat makanan tersebut dijual dapat meningkatkan risiko terjadinya infeksi demam tifoid. Konsumsi makanan dari pedagang kaki lima atau jajanan yang tidak memenuhi persyaratan higiene dan sanitasi dapat menjadi salah satu faktor yang mendukung penularan penyakit. Selain itu, penggunaan air minum yang telah terkontaminasi serta konsumsi minuman yang dijual di tempat terbuka, seperti di tepi jalan, juga dapat meningkatkan risiko penyebaran demam tifoid di masyarakat (Novia, Puteri and Syafriani, 2021).

Demam tifoid merupakan penyakit yang mudah ditularkan, terutama pada individu yang kurang memperhatikan kebersihan diri maupun lingkungan. Proses penularannya dapat berlangsung secara langsung melalui paparan feses, urine, atau muntahan dari penderita yang mengandung bakteri, maupun secara tidak

langsung melalui konsumsi makanan dan minuman yang telah terkontaminasi oleh *Salmonella typhi* (Ardiaria, 2019).

B. Laju Endap Darah

1. Pengertian Laju Endap Darah

Pemeriksaan hematologi merupakan salah satu pemeriksaan penunjang yang memiliki peranan penting dalam membantu proses diagnosis, menentukan tindakan pengobatan, serta memperkirakan prognosis suatu penyakit. Untuk memperoleh hasil diagnosis yang tepat, pemeriksaan laboratorium perlu dilakukan secara teliti, akurat, dan dalam waktu yang sesuai (Liswanti, 2014). Perkembangan teknologi di bidang laboratorium juga mendorong peningkatan jenis dan metode pemeriksaan yang dapat mendukung pelayanan kesehatan secara lebih cepat, tepat, dan efisien, salah satunya adalah pemeriksaan Laju Endap Darah (Juleha, Utami and Detty, 2021).

Laju Endap Darah (LED) merupakan pemeriksaan laboratorium yang digunakan untuk mengetahui kecepatan pengendapan eritrosit dalam plasma darah yang telah diberi antikoagulan sehingga tidak mengalami pembekuan. Hasil pemeriksaan LED dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam). Peningkatan nilai LED dapat menjadi salah satu indikator adanya proses inflamasi atau infeksi dalam tubuh, baik yang berlangsung secara akut maupun kronis, serta dapat berkaitan dengan kerusakan jaringan. Penilaian LED didasarkan pada tinggi atau jumlah endapan eritrosit yang terbentuk selama waktu pemeriksaan. Meskipun demikian, LED merupakan parameter yang bersifat nonspesifik karena hanya dapat menunjukkan adanya respons inflamasi tanpa menentukan penyebabnya secara spesifik. Oleh karena itu, hasil pemeriksaan LED perlu dipertimbangkan bersama pemeriksaan laboratorium lainnya untuk membantu memperoleh gambaran diagnosis yang lebih akurat (Rahmawati et al., 2019)

2. Tahapan Laju Endap Darah

- a. Tahap pertama disebut fase pembentukan rouleaux, yaitu saat sel eritrosit mulai saling menempel dan membentuk tumpukan atau agregat kecil. Proses ini berlangsung sekitar 10 menit dengan laju pengendapan yang masih lambat.

- b. Tahap kedua merupakan fase sedimentasi, di mana eritrosit mulai turun dan mengendap dengan kecepatan yang lebih cepat dan konstan selama kurang lebih 40 menit. Kecepatan pengendapan pada tahap ini sangat dipengaruhi oleh tingkat pembentukan rouleaux; semakin banyak tumpukan yang terbentuk, semakin tinggi pula laju endap darahnya.
- c. Tahap ketiga dikenal sebagai fase pemadatan, yaitu saat eritrosit yang telah mengendap berkumpul di dasar tabung dan saling memadat, mengisi seluruh ruang yang tersisa di bagian bawah. Fase ini berlangsung sekitar 10 menit dan ditandai dengan kecepatan pengendapan yang kembali melambat.

3. Faktor yang Mempengaruhi Nilai Klinis Laju Endap Darah

- a. Nilai Laju Endap Darah dipengaruhi oleh karakteristik eritrosit, terutama massa dan luas permukaannya. Semakin besar ukuran eritrosit, maka massa partikelnya pun meningkat, sehingga proses pengendapannya berlangsung lebih cepat.
- b. Komposisi plasma juga memiliki peran penting terhadap kecepatan pengendapan eritrosit. Perubahan pada komponen plasma dapat memengaruhi tingkat kekentalan darah yang akhirnya berdampak pada nilai LED. Dalam kondisi normal, pengendapan eritrosit terjadi secara lambat karena gaya gravitasi yang menarik sel ke bawah diimbangi oleh gaya ke atas akibat viskositas plasma. Jika kekentalan plasma meningkat, maka viskositas darah bertambah sehingga kecepatan pengendapan menurun.

4. Metode Pemeriksaan Laju Endap Darah

- a. Metode Westergreen

Pemeriksaan Laju Endap Darah menggunakan metode Westergren dilakukan untuk mengukur kecepatan pengendapan eritrosit pada sampel darah yang telah dicampurkan dengan antikoagulan natrium sitrat 3,8%. Hasil pemeriksaan kemudian dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam). Metode Westergren merupakan salah satu metode rujukan yang paling banyak

diterapkan di laboratorium klinik karena memiliki tingkat ketelitian, akurasi, dan reliabilitas yang baik dalam menentukan nilai LED.

1) Alat

- a) Tabung Westergreen
- b) Rak penyangga tabung Westergreen
- c) Sduit atau pipet volume
- d) Tabung reaksi kecil
- e) Kapas alkohol (alkohol swab)
- f) Jarum suntik atau jarum vakutainer
- g) Timer atau stopwatch
- h) Sarung tangan (handscoon)

2) Bahan

- a) Larutan antikoagulan Natrium Sitrat 3,8%
- b) Darah vena pasien

3) Prosedur

- a) Persiapan alat dan bahan

Semua alat yang akan digunakan, seperti tabung Westergreen, rak penyangga, pipet, dan tabung reaksi, harus dalam kondisi bersih dan kering. Siapkan larutan antikoagulan natrium sitrat 3,8% sebagai bahan pencampur darah untuk mencegah pembekuan.

b) Pengambilan sampel darah

- 1. Lakukan desinfeksi pada area vena (biasanya vena cubiti) dengan alkohol swab.
- 2. Ambil darah vena pasien sebanyak 2 mL menggunakan spuit atau sistem vakutainer.

c) Pencampuran darah dengan antikoagulan

- 1. Buat campuran 0,4 ml NaCitrat 3,8% + 1,6 ml darah.
- 2. Homogenkan campuran darah dan antikoagulan dengan cara memutar tabung perlahan agar tidak terbentuk gelembung udara.

d) Pengisian tabung Westergreen

1. Masukkan campuran darah-antikoagulan ke dalam tabung Westergreen hingga mencapai tanda batas “0” pada skala tabung.
2. Pastikan tabung dalam posisi miring (45°) pada rak penyangga agar hasil pengendapan tidak terganggu.

e) Proses pengendapan

1. Diamkan tabung selama 7 menit dalam posisi miring (45°) tanpa guncangan dan jauh dari sumber getaran.
2. Setelah waktu 7 menit, baca hasil pengendapan pada skala tabung dalam satuan mm/jam. Angka yang ditunjukkan batas antara plasma dan eritrosit merupakan nilai LED.

f) Pencatatan hasil

1. Catat nilai LED pasien berdasarkan hasil pengukuran.
2. Bandingkan dengan nilai normal:
 - a) Laki-laki dewasa: 0–10 mm/jam
 - b) Perempuan dewasa: 0–20 mm/jam

b. Metode Wintrobe

Metode Wintrobe merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk pemeriksaan Laju Endap Darah (LED) dengan menggunakan sampel darah yang telah diberi antikoagulan, seperti EDTA. Pemeriksaan dilakukan dengan menentukan jarak pengendapan eritrosit pada darah utuh (*whole blood*) yang tidak mengalami pembekuan di dalam tabung Wintrobe selama satu jam. Nilai yang diperoleh kemudian dilaporkan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam). Dibandingkan dengan metode Westergren, metode Wintrobe membutuhkan volume sampel darah yang relatif lebih sedikit sehingga dapat diterapkan pada pemeriksaan dengan keterbatasan jumlah spesimen.

1) Alat

- a) Tabung Wintrobe
- b) Rak penyangga tabung Wintrobe
- c) Spuit atau pipet volume
- d) Jarum suntik atau sistem vakutainer
- e) Alkohol swab

- f) Kapas steril
- g) Timer atau stopwatch
- h) Sarung tangan (handscoon)
- 2) Bahan
 - a) Darah vena pasien
 - b) Antikoagulan EDTA
- 3) Prosedur
 - a) Persiapan alat dan bahan

Semua alat, termasuk tabung Wintrobe, pipet, dan rak penyangga, dibersihkan dan dikeringkan terlebih dahulu. Pastikan semua peralatan bebas dari kotoran atau sisa bahan kimia agar hasil pemeriksaan akurat.

- b) Pengambilan sampel darah
 - 1. Lakukan desinfeksi pada area vena cubiti dengan alkohol swab.
 - 2. Ambil darah vena pasien sebanyak ± 1 mL menggunakan spuit steril atau sistem vakutainer.
- c) Pencampuran dengan antikoagulan
 - 1. Campurkan darah dengan antikoagulan EDTA secara perlahan untuk mencegah pembekuan.
 - 2. Aduk secara lembut dengan cara memutar tabung (jangan dikocok keras) agar tidak terjadi hemolisis atau pembentukan gelembung udara.
- d) Pengisian Tabung Wintrobe
 - 1. Isi tabung Wintrobe dengan darah yang telah bercampur antikoagulan hingga mencapai tanda batas 0 pada bagian atas skala tabung.
 - 2. Pastikan tidak ada gelembung udara di dalam tabung karena dapat mengganggu proses pengendapan.
- e) Proses pengendapan
 - 1. Letakkan tabung Wintrobe pada rak penyangga dalam posisi tegak lurus.
 - 2. Biarkan tabung berdiri selama 1 jam tanpa gangguan, getaran, atau perubahan suhu yang signifikan.

f) Pembacaan hasil

1. Setelah satu jam, amati batas antara kolom plasma jernih dan lapisan eritrosit di bawahnya.
2. Nilai pengendapan dibaca pada skala tabung dan dinyatakan dalam mm/jam.

g) Pencatatan hasil

1. Catat nilai LED pasien berdasarkan hasil pembacaan.
2. Bandingkan dengan nilai normal LED berdasarkan jenis kelamin:
 - a) Laki-laki dewasa: 0–10 mm/jam
 - b) Perempuan dewasa: 0–20 mm/jam

5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Endap Darah

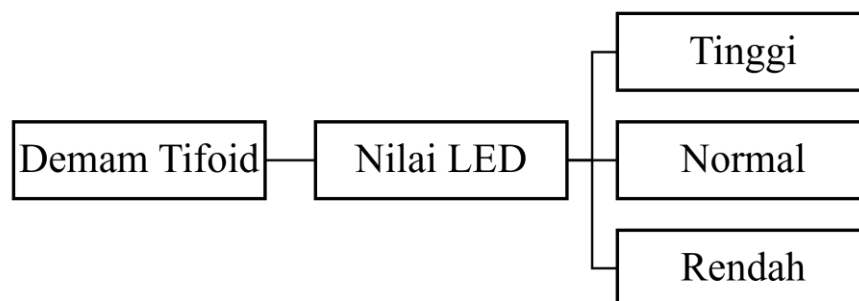
Menurut Kiswari (2014), terdapat beberapa factor yang dapat memengaruhi hasil pemeriksaan Laju Endap Darah, antara lain:

- a. Faktor Eritrosit: Ukuran dan massa eritrosit merupakan faktor utama yang menentukan kecepatan pengendapan sel darah merah. Pada beberapa kondisi penyakit yang menyebabkan gangguan kadar fibrinogen dan globulin plasma, dapat terjadi perubahan pada permukaan eritrosit yang mengakibatkan peningkatan nilai LED. Selain itu, LED memiliki hubungan terbalik dengan viskositas plasma, artinya semakin kental plasma, dengan demikian, nilai laju endap darah mengalami penurunan.
- b. Faktor Plasma: Sebagian jenis protein plasma bermuatan positif dapat menetralkan muatan negatif pada permukaan eritrosit, sehingga gaya tolak-menolak antar sel menurun dan proses pengendapan berlangsung lebih cepat. Protein fase akut juga berperan dalam mempercepat proses agregasi eritrosit yang pada akhirnya meningkatkan LED.
- c. Faktor teknis dan mekanis: Selama pemeriksaan, tabung harus dipastikan berada pada posisi tegak lurus. Kemiringan tabung sebesar 3° saja dapat menyebabkan kesalahan hasil hingga 30%. Meja atau rak tempat tabung diletakkan juga tidak boleh bergetar atau bergeser selama proses berlangsung. Kebersihan tabung dan ukuran diameter bagian dalam tabung turut memengaruhi hasil pengukuran LED.

Menurut Wijayanti (2018), faktor lain yang dapat memengaruhi nilai LED antara lain:

- a. Faktor yang menurunkan LED: bayi baru lahir (karena kadar fibrinogen rendah), penggunaan obat tertentu, kadar gula darah tinggi, peningkatan albumin serum, serta penurunan suhu tubuh.
 - b. Faktor yang meningkatkan LED: kehamilan (terutama trimester kedua dan ketiga), menstruasi, penggunaan obat tertentu, serta posisi tabung yang miring saat pemeriksaan.
6. Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Pemeriksaan Laju Endap Darah
- a. Konsentrasi antikoagulan. Penggunaan antikoagulan dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan peningkatan nilai Laju Endap Darah.
 - b. Posisi tabung. Tabung harus diposisikan tegak lurus agar hasil pengukuran LED akurat.
 - c. Suhu. Suhu lingkungan memengaruhi kecepatan pengendapan eritrosit, sehingga pemeriksaan LED sebaiknya dilakukan pada rentang suhu 20–25°C.
 - d. Getaran atau guncangan. Adanya getaran dapat mempercepat proses pengendapan dan mengakibatkan nilai LED meningkat secara tidak akurat.

C. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 2. 1 Kerangka Konsep