

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. PNEUMONIA

1. Definisi Pneumonia

Menurut *World Health Organization* (WHO), pneumonia merupakan infeksi pada paru-paru yang dapat disebabkan oleh bakteri, virus, maupun jamur, dengan tingkat keparahan yang bervariasi dari ringan hingga berat. Penyakit ini menjadi salah satu penyebab utama kematian, terutama pada anak balita, meskipun dapat menyerang semua kelompok usia. Penularannya umumnya terjadi melalui kontak langsung dengan penderita, dan jika penyebabnya bakteri, kondisi ini dapat diatasi dengan pemberian antibiotik (WHO, 2022).

Pneumonia adalah infeksi akut pada jaringan paru-paru, khususnya alveoli, yang ditandai dengan peradangan sehingga kantung udara di paru terisi cairan atau nanah dan menyebabkan gangguan pernapasan. Gejala yang sering muncul meliputi demam, menggigil, batuk produktif dengan dahak, sakit kepala, nyeri dada, hingga sesak napas. Penyakit ini dapat disebabkan oleh berbagai mikroorganisme, seperti bakteri, virus, maupun jamur, dan termasuk penyakit menular yang mudah menyebar melalui droplet dari penderita. Pneumonia masih menjadi salah satu penyebab utama kematian balita di dunia, termasuk di Indonesia, dengan angka kematian yang dilaporkan lebih tinggi dibandingkan gabungan dari AIDS, malaria, dan campak. Pneumonia dikategorikan sebagai masalah kesehatan masyarakat serius yang membutuhkan pencegahan, penemuan kasus secara dini, serta tata laksana yang tepat agar angka kesakitan dan kematiannya dapat ditekan (Natasya, 2022).

2. Klasifikasi Pneumonia

Penelitian yang dilakukan oleh Yatera & Yamasaki (2025) menyatakan bahwa pneumonia dapat di klasifikasikan menjadi:

a. *Community-Acquired Pneumonia* (CAP)

Pneumonia yang terjadi di masyarakat pada pasien yang belum terpapar layanan kesehatan, atau muncul dalam 48 jam pertama sejak

masuk rumah sakit. CAP umumnya disebabkan oleh mikroorganisme komunitas seperti *Streptococcus pneumoniae* dan sering menjadi bentuk pneumonia yang paling sering dijumpai di pelayanan primer.

b. *Hospital-Acquired Pneumonia* (HAP)

Pneumonia yang timbul ≥ 48 jam setelah pasien dirawat di rumah sakit, dengan syarat tidak ada tanda-tanda infeksi pneumonia saat masuk. HAP biasanya berkaitan dengan mikroorganisme rumah sakit yang lebih resisten, sehingga memiliki tingkat morbiditas dan mortalitas lebih tinggi dibanding CAP.

c. *Nursing- and Healthcare-Associated Pneumonia* (NHCAP)

Kategori pneumonia yang terjadi pada pasien dengan paparan fasilitas kesehatan, seperti penghuni panti jompo, pasien dengan perawatan di rumah jangka panjang, atau yang sering menjalani prosedur medis berulang. NHCAP sangat penting karena sering disebabkan oleh patogen resisten antibiotik, sehingga membutuhkan perhatian khusus dalam pemilihan terapi.

d. Aspirasi Pneumonia

Jenis pneumonia yang sering terjadi pada populasi lanjut usia, diakibatkan masuknya sekresi orofaring atau material dari saluran pencernaan ke paru-paru. Aspirasi pneumonia membutuhkan diagnosis yang cermat dan strategi terapi yang berbeda, misalnya dengan fokus pada rehabilitasi menelan dan pencegahan aspirasi berulang.

e. Pertimbangan Keparahan dan Risiko Resistensi

Selain berdasarkan lokasi atau mekanisme terjadinya, klasifikasi pneumonia juga memperhitungkan derajat keparahan klinis serta faktor risiko resistensi antibiotik. Hal ini memengaruhi keputusan terapi empiris dan penentuan tempat perawatan pasien, apakah cukup ditangani rawat jalan, perlu rawat inap, atau harus dirujuk ke unit perawatan intensif.

f. Diagnosis Komprehensif

Diagnosis pneumonia tidak cukup ditegakkan dari satu gejala atau pemeriksaan saja, melainkan harus menggunakan pendekatan

komprehensif. Evaluasi klinis mencakup gejala respirasi, tanda sistemik, hasil pemeriksaan laboratorium, serta konfirmasi dengan radiografi dada. Kombinasi parameter inilah yang menentukan klasifikasi serta arah tatalaksana pasien.

3. Faktor Risiko

Pneumonia pada balita memiliki berbagai faktor risiko yang dapat berasal dari aspek individu (host), lingkungan, maupun sosial ekonomi keluarga. Penelitian di RSUD Aji Batara Agung Dewa Sakti, Kutai Kartanegara, melaporkan bahwa kebiasaan merokok di dalam rumah merupakan faktor risiko dominan. Faktor lain yang juga signifikan adalah status imunisasi tidak lengkap, tidak diberikan ASI eksklusif, penghasilan keluarga rendah, pengetahuan ibu yang kurang, serta karakteristik anak seperti usia dan jenis kelamin. Hal ini menunjukkan bahwa faktor perilaku keluarga dan pola pengasuhan memiliki kontribusi besar terhadap risiko pneumonia pada anak (Nur, Fauzi and Widisuseno, 2025).

Di Papua pegunungan, analisis data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 menemukan prevalensi pneumonia balita mencapai 37,9%, jauh lebih tinggi dibandingkan rata-rata nasional. Faktor lingkungan rumah seperti ventilasi yang buruk, sanitasi tidak memadai, serta paparan asap rokok menjadi determinan utama. Selain itu, status gizi balita dan karakteristik demografis juga berhubungan dengan tingginya angka pneumonia di wilayah tersebut (Kurniawati & Wulandari, 2025).

Penelitian lain di Kabupaten Lampung Tengah tahun 2023 menunjukkan bahwa balita dengan status gizi kurang, imunisasi tidak lengkap, dan kondisi rumah dengan ventilasi tidak baik memiliki risiko lebih tinggi terkena pneumonia dibandingkan anak dengan gizi baik, imunisasi lengkap, dan rumah sehat. Hal ini menegaskan bahwa kombinasi faktor host (status gizi), perilaku kesehatan (imunisasi), dan lingkungan (ventilasi rumah) saling berinteraksi dalam meningkatkan risiko penyakit (Rosmawati *et al.*, 2024).

4. Patofisiologi

Pneumonia diawali dengan masuknya mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus, atau jamur ke saluran pernapasan bawah hingga alveoli. Proses ini menimbulkan reaksi inflamasi akut yang ditandai dengan aktivasi sel imun bawaan, terutama neutrofil dan makrofag, yang kemudian melepaskan mediator inflamasi seperti sitokin, kemokin, dan enzim proteolitik. Aktivasi inflamasi tersebut meningkatkan permeabilitas kapiler sehingga cairan plasma, fibrin, serta sel-sel inflamasi bermigrasi ke alveoli dan membentuk eksudat. Akumulasi eksudat ini menyebabkan alveoli mengalami konsolidasi dan tidak dapat menjalankan pertukaran gas secara optimal, sehingga terjadi hipoksemia yang memunculkan gejala berupa demam, batuk produktif, nyeri dada, dan sesak napas (Mulyadi *et al.*, 2024)

Peradangan lokal yang terjadi pada paru dapat menyebar ke sirkulasi sistemik melalui mediator inflamasi seperti interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6), dan TNF- α . Hal ini menjelaskan timbulnya gejala sistemik berupa demam tinggi, menggigil, malaise, serta risiko terjadinya sindrom respons inflamasi sistemik hingga sepsis. Pada sebagian pasien, terutama dengan kondisi komorbid seperti diabetes melitus atau penyakit paru kronis, proses inflamasi yang berat dapat memicu komplikasi berupa efusi pleura, abses paru, bronkiektasis, hingga fibrosis yang menetap (Warlem *et al.*, 2024).

5. Manifestasi Klinis

Pneumonia merupakan infeksi akut pada parenkim paru yang menimbulkan berbagai gejala klinis, baik sistemik maupun respirasi. Gejala utama yang sering ditemukan adalah batuk, demam, dan sesak napas. Batuk biasanya produktif, meskipun pada anak kecil dapat tidak jelas, sedangkan demam sering disertai menggigil dan berkeringat. Keluhan sesak napas umumnya tampak sebagai napas cepat (*takipnea*) dan napas dangkal, yang menjadi tanda klinis paling konsisten pada pneumonia anak. Pada pemeriksaan fisik, pasien pneumonia dapat menunjukkan tanda retraksi dinding dada (*chest indrawing*), pernapasan cuping hidung, serta penggunaan otot bantu pernapasan. Auskultasi paru sering memperlihatkan adanya ronki halus (*crackles*), wheezing, atau penurunan suara napas di area paru yang

terinfeksi. Studi sistematis juga melaporkan bahwa kombinasi gejala demam, batuk, dan takipnea memiliki sensitivitas tinggi untuk diagnosis pneumonia pada anak (Kevat *et al.*, 2022).

6. Diagnosis

Diagnosis pneumonia ditegakkan melalui kombinasi anamnesis, pemeriksaan fisik, serta pemeriksaan penunjang laboratorium dan radiologi. Anamnesis biasanya menunjukkan gejala seperti batuk, demam, sesak napas, dan nyeri dada. Pemeriksaan fisik dapat mengungkapkan tanda-tanda seperti takipnea, retraksi dinding dada, ronki basah halus, dan suara napas bronkial yang mendukung adanya konsolidasi paru (Julianti *et al.*, 2023).

Pemeriksaan laboratorium berperan penting dalam menilai proses inflamasi yang terjadi. Salah satu parameter yang sering digunakan adalah Laju Endap Darah (LED), yaitu indikator non-spesifik yang mencerminkan adanya peradangan sistemik. Pada pneumonia, LED biasanya mengalami peningkatan akibat proses inflamasi akut yang disebabkan oleh infeksi bakteri maupun virus di jaringan paru. Studi terbaru menunjukkan bahwa LED yang tinggi sering berkorelasi dengan gejala klinis pneumonia dan dapat dijadikan pemeriksaan tambahan dalam membantu diagnosis, meskipun LED tidak spesifik hanya untuk pneumonia (Amalia, Hartiti & Samiasih, 2025).

B. LAJU ENDAP DARAH (LED)

1. Definisi LED

Laju Endap Darah (LED) adalah tes laboratorium yang mengukur kecepatan pengendapan sel darah merah (eritrosit) dalam plasma darah yang telah diberi antikoagulan, biasanya natrium sitrat 3,8%. Hasil pengukuran ini dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam). Pemeriksaan LED digunakan sebagai indikator non-spesifik untuk mendeteksi adanya peradangan atau inflamasi dalam tubuh. Semakin cepat sel darah merah mengendap, semakin besar kemungkinan adanya proses inflamasi (Irwana Wahab, 2024)

Pemeriksaan LED harus dilakukan dalam rentang waktu 2–3 jam setelah pengambilan darah karena darah yang dibiarkan terlalu lama dapat mengalami kelainan pada eritrosit yang akan mempengaruhi kecepatan pengendapan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penundaan waktu pemeriksaan dapat menyebabkan penurunan hasil LED, yang dapat berakibat fatal pada diagnosis dokter pada pasien (Irwana Wahab, 2024).

2. Prinsip Pemeriksaan LED

Laju Endap Darah (LED) merupakan salah satu pemeriksaan laboratorium yang digunakan untuk menilai adanya proses inflamasi dalam tubuh. Proses pengendapan eritrosit dalam LED dipengaruhi oleh kemampuan sel darah merah untuk saling beragregasi, membentuk struktur seperti tumpukan koin yang disebut rouleaux. Pembentukan rouleaux ini terjadi karena interaksi antara protein plasma, terutama fibrinogen, dengan permukaan eritrosit. Semakin banyak eritrosit yang membentuk agregat, semakin cepat laju pengendapannya, yang tercermin dalam nilai LED yang tinggi. Pada pasien pneumonia, peningkatan LED berhubungan dengan peningkatan Neutrophil-Lymphocyte Ratio (NLR), yang mencerminkan adanya proses inflamasi sistemik. LED dapat digunakan sebagai indikator non-spesifik untuk menilai tingkat peradangan dalam tubuh, meskipun hasilnya perlu dikonfirmasi dengan pemeriksaan lain untuk diagnosis yang lebih spesifik (Ayati *et al.*, 2024).

3. Faktor yang Mempengaruhi LED

Laju Endap Darah (LED) merupakan salah satu pemeriksaan laboratorium yang digunakan untuk menilai adanya proses inflamasi dalam tubuh. Nilai LED dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis dan patologis.

a. Secara fisiologis

Usia merupakan salah satu faktor penting, di mana nilai LED cenderung meningkat seiring bertambahnya usia akibat perubahan komposisi darah dan respons imun tubuh (Walle *et al.*, 2024). Jenis kelamin juga memengaruhi LED, wanita umumnya memiliki nilai LED lebih tinggi dibandingkan pria karena pengaruh hormon estrogen yang dapat meningkatkan kadar protein plasma dan mempercepat

agregasi eritrosit (Derakhshanfar & Mohammadi, 2025). Kehamilan juga termasuk faktor fisiologis yang dapat meningkatkan LED, terutama pada trimester kedua dan ketiga, karena peningkatan fibrinogen dan protein fase akut lainnya yang mempercepat pengendapan eritrosit (Lubas *et al.*, 2024).

b. Secara patologis,

Laju endap darah dapat meningkat pada kondisi-kondisi seperti infeksi, anemia, penyakit autoimun, dan keganasan. Infeksi menyebabkan peningkatan produksi protein fase akut seperti fibrinogen, yang meningkatkan agregasi eritrosit dan mempercepat pengendapan (Walle *et al.*, 2024).

4. Metode Pemeriksaan Laju Endap Darah

LED dapat diperiksa menggunakan metode manual ataupun alat otomatis. Metode manual kini jarang diterapkan karena memakan waktu yang lama, tetapi tetap dipakai sebagai acuan standarisasi. Pemeriksaan LED dengan alat otomatis lebih sering digunakan di rumah sakit karena prosesnya lebih cepat dan mampu menangani jumlah sampel yang lebih banyak (Ayumi, 2023). Pemeriksaan LED diantaranya yaitu:

a. **Metode Westergren**

Pemeriksaan Laju Endap Darah (LED) dilakukan menggunakan metode Westergren, yaitu suatu metode pemeriksaan manual yang memanfaatkan darah vena sebagai bahan pemeriksaan. Darah vena yang telah diambil kemudian diencerkan dengan antikoagulan natrium sitrat dengan perbandingan 4 bagian darah dan 1 bagian natrium sitrat, dengan tujuan untuk mencegah terjadinya pembekuan darah selama proses pemeriksaan. Campuran darah tersebut dimasukkan secara perlahan ke dalam pipet Westergren yang memiliki panjang 200 mm hingga mencapai tanda nol. Pipet kemudian ditempatkan pada rak khusus dalam posisi tegak lurus dan dibiarkan dalam keadaan diam selama 1 jam. Setelah waktu inkubasi selesai, dilakukan pembacaan jarak pengendapan eritrosit dari permukaan plasma hingga batas

eritrosit yang mengendap, dan hasilnya dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam) (Mawarti *et al.*, 2021).

b. Metode Wintrobe

Pemeriksaan Laju Endap Darah (LED) dilakukan menggunakan metode Wintrobe, yaitu salah satu metode pemeriksaan manual yang menggunakan darah vena tanpa proses pengenceran. Darah vena yang digunakan adalah darah yang telah ditambahkan antikoagulan EDTA atau K⁺EDTA untuk mencegah terjadinya pembekuan darah selama proses pemeriksaan. Sampel darah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tabung Wintrobe, yaitu tabung khusus yang telah diberi skala pengukuran, hingga mencapai tanda nol. Metode Wintrobe bertujuan untuk mengukur kecepatan pengendapan eritrosit di dalam plasma darah selama periode waktu tertentu, dan hasil pemeriksaan dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam) (Retnowati, 2022).

c. Metode Automatic

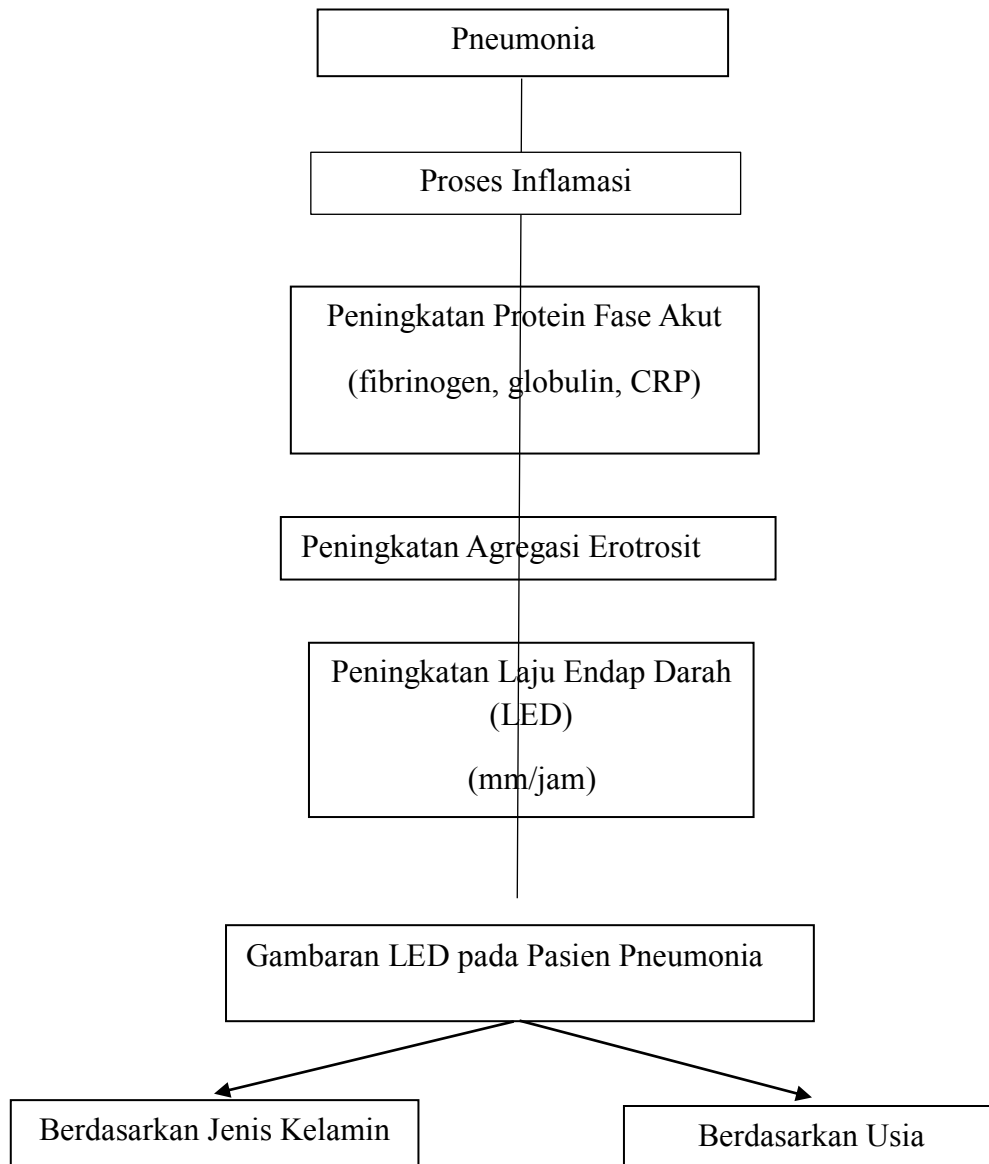
Pemeriksaan Laju Endap Darah (LED) dilakukan menggunakan metode otomatis, yaitu metode pemeriksaan yang memanfaatkan sistem analisis berbasis optik dan elektronik untuk mengukur kecepatan pengendapan eritrosit di dalam plasma darah. Sampel yang digunakan berupa darah vena utuh (whole blood) yang telah ditambahkan antikoagulan EDTA, sehingga darah tidak mengalami pembekuan selama proses pemeriksaan. Pada metode ini, sampel darah tidak mengalami proses pengenceran, sehingga komposisi darah tetap mendekati kondisi aslinya. Sampel darah kemudian dimasukkan ke dalam sistem pemeriksaan otomatis dan dianalisis secara terprogram tanpa intervensi manual selama proses berlangsung. Proses pemeriksaan berlangsung dalam waktu yang relatif singkat, yaitu sekitar 20 menit, setelah itu hasil pemeriksaan akan ditampilkan secara otomatis. Nilai Laju Endap Darah yang diperoleh selanjutnya dicatat dan dilaporkan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam) (Astuti, Astuti & Maharani, 2023).

C. Hubungan Pneumonia dengan Laju Endap Darah

Pada pasien pneumonia, laju endap darah (LED) cenderung mengalami peningkatan sebagai bagian dari respons inflamasi tubuh terhadap infeksi. Ismadewi & Puspita (2025) dalam penelitiannya melaporkan bahwa sebagian besar pasien pneumonia menunjukkan kadar LED yang meningkat, yang mencerminkan adanya proses inflamasi aktif. Selain itu, peningkatan parameter inflamasi lain, seperti *Neutrophil-Lymphocyte Ratio (NLR)*, juga sering disertai dengan peningkatan LED, sehingga dapat menggambarkan kondisi inflamasi sistemik pada pasien pneumonia.

Secara fisiologis, peningkatan LED pada pasien pneumonia terjadi akibat respons inflamasi tubuh terhadap infeksi mikroorganisme di jaringan paru, terutama bakteri seperti *Streptococcus pneumoniae* dan *Klebsiella pneumoniae*. Infeksi tersebut menstimulasi pelepasan sitokin proinflamasi seperti interleukin-6 (IL-6) dan tumor necrosis factor-alpha (TNF- α) yang kemudian merangsang hati untuk memproduksi protein fase akut, terutama fibrinogen. Peningkatan kadar fibrinogen ini meningkatkan agregasi eritrosit, sehingga mempercepat laju pengendapan darah. LED dapat digunakan sebagai indikator tidak langsung dari tingkat keparahan inflamasi pada pneumonia (Kumar, 2020).

D. Kerangka Konsep



Gambar 1 Kerangka Konsep