BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Bronkitis

Bronkitis merupakan suatu kondisi inflamasi atau peradangan yang terjadi pada saluran bronkus, yaitu saluran pernapasan yang berfungsi menyalurkan udara dari trakea menuju paru-paru dan sebaliknya. Peradangan pada bronkus menyebabkan terjadinya pembengkakan mukosa, peningkatan produksi mukus, serta gangguan aliran udara yang dapat memengaruhi proses ventilasi paru. Akibat kondisi tersebut, penderita biasanya mengalami berbagai gejala respiratorik seperti batuk, sesak napas, rasa tidak nyaman di dada, dan peningkatan produksi sputum. Bronkitis menjadi salah satu penyakit saluran pernapasan yang cukup sering ditemukan di berbagai kelompok usia, terutama pada anak-anak (Emilia et al., 2025).

Pada anak-anak, kejadian bronkitis relatif lebih tinggi dibandingkan orang dewasa karena sistem kekebalan tubuh mereka masih dalam tahap perkembangan. Sistem imun yang belum matang menyebabkan anak lebih rentan terhadap infeksi virus maupun bakteri yang menyerang saluran pernapasan. Selain itu, ukuran saluran napas anak yang lebih kecil membuat proses inflamasi dan penumpukan sekret lebih mudah menyebabkan penyumbatan jalan napas. Kondisi ini dapat memperberat gejala yang muncul dan meningkatkan risiko terjadinya gangguan pernapasan (RAGIL et al., 2023).

Berdasarkan lamanya penyakit berlangsung, bronkitis dibedakan menjadi bronkitis akut dan bronkitis kronis. Bronkitis akut merupakan bentuk bronkitis yang paling sering ditemukan dan umumnya disebabkan oleh infeksi virus,

seperti virus influenza, rhinovirus, adenovirus, dan respiratory syncytial virus (RSV). Penyakit ini biasanya berlangsung dalam waktu singkat, yaitu kurang dari tiga minggu, dan dapat sembuh dengan penanganan yang tepat. Sebaliknya, bronkitis kronis ditandai dengan batuk produktif yang berlangsung dalam jangka waktu lama akibat proses inflamasi yang terjadi secara terus-menerus pada bronkus. Kondisi ini sering dikaitkan dengan paparan iritan kronis, terutama asap rokok dan polusi udara (Endri et al., 2023).

Bronkitis tidak hanya menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan, tetapi juga dapat berdampak terhadap kualitas hidup penderitanya. Batuk yang berlangsung terus-menerus dapat mengganggu aktivitas sehari-hari, menurunkan kualitas tidur, serta menyebabkan kelelahan. Pada kasus yang lebih berat, gangguan ventilasi akibat penyempitan saluran napas dan penumpukan mukus dapat mengurangi efisiensi pertukaran gas di paru-paru. Apabila tidak ditangani dengan baik, bronkitis dapat berkembang menjadi komplikasi yang lebih serius, seperti pneumonia, atelektasis, hipoksemia, hingga gagal napas (Emilia et al., 2025).

Berbagai faktor risiko diketahui berperan dalam meningkatkan kejadian bronkitis pada anak, antara lain paparan asap rokok, polusi udara, kepadatan hunian, ventilasi rumah yang kurang baik, serta riwayat infeksi saluran pernapasan berulang. Lingkungan yang tidak sehat dapat memperbesar kemungkinan terjadinya iritasi maupun infeksi pada saluran napas. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai bronkitis sangat diperlukan sebagai dasar dalam upaya pencegahan, diagnosis, dan penatalaksanaan penyakit. Pengetahuan yang baik mengenai faktor penyebab, mekanisme

penyakit, serta manifestasi klinis bronkitis diharapkan dapat membantu tenaga kesehatan dalam memberikan pelayanan yang optimal kepada pasien (Cahyani et al., 2025).

2.1.1 Definisi Bronkitis

Bronkitis merupakan suatu kondisi peradangan yang terjadi pada bronkus, yaitu saluran pernapasan yang berfungsi menyalurkan udara dari trakea menuju paru-paru. Secara etimologis, istilah bronkitis berasal dari kata *bronchus* yang berarti bronkus dan akhiran *-itis* yang berarti peradangan. Peradangan yang terjadi pada bronkus menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran napas, seperti pembengkakan mukosa, peningkatan produksi lendir, serta gangguan aliran udara yang dapat menimbulkan berbagai gejala respiratorik. Kondisi ini dapat bersifat akut maupun kronis tergantung pada penyebab dan lamanya proses inflamasi berlangsung (Jamila et al., 2025).

Secara patologis, bronkitis ditandai oleh adanya respons inflamasi pada lapisan mukosa bronkus yang menyebabkan vasodilatasi, edema jaringan, dan peningkatan sekresi mukus. Akibat proses tersebut, lumen bronkus menjadi menyempit sehingga aliran udara terganggu dan penderita mengalami kesulitan bernapas. Selain itu, fungsi silia yang berperan dalam membersihkan saluran napas dari partikel asing dan mikroorganisme juga mengalami penurunan, sehingga lendir lebih mudah menumpuk di dalam bronkus. Kondisi ini menjadi salah satu penyebab utama munculnya batuk produktif pada penderita bronkitis (RAGIL et al., 2023).

Bronkitis dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik faktor infeksi maupun noninfeksi. Infeksi virus merupakan penyebab tersering bronkitis akut, terutama virus influenza, rhinovirus, adenovirus, coronavirus, dan *respiratory syncytial virus* (RSV). Selain itu, beberapa jenis bakteri seperti *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae*, dan *Bordetella pertussis* juga dapat menyebabkan peradangan pada bronkus. Faktor noninfeksi yang berperan antara lain paparan asap rokok, polusi udara, debu, bahan kimia iritan, serta alergen yang dapat memicu reaksi inflamasi pada saluran pernapasan (Siregar & Fonna. T. R, 2025).

Pada anak-anak, bronkitis merupakan salah satu penyakit saluran pernapasan yang sering dijumpai dan menjadi penyebab umum kunjungan ke fasilitas pelayanan kesehatan. Tingginya angka kejadian bronkitis pada anak berkaitan dengan sistem imun yang belum berkembang sempurna sehingga lebih rentan terhadap infeksi. Selain itu, anak-anak sering terpapar berbagai faktor risiko lingkungan, seperti asap rokok dari anggota keluarga, polusi udara, serta lingkungan sekolah atau tempat penitipan anak yang dapat menjadi media penyebaran mikroorganisme penyebab infeksi saluran pernapasan. Kondisi tersebut menyebabkan anak memiliki risiko lebih tinggi mengalami bronkitis dibandingkan kelompok usia dewasa(Firdaus Ridwan Sutarta, Asri Widiatsih, 2021).

Manifestasi klinis bronkitis pada anak umumnya berupa batuk yang dapat disertai dahak, demam ringan, wheezing (mengi), sesak napas, dan rasa tidak nyaman pada dada. Gejala-gejala tersebut muncul sebagai akibat dari peradangan dan penumpukan sekret pada saluran bronkus. Apabila tidak

mendapatkan penanganan yang tepat, bronkitis dapat menyebabkan gangguan ventilasi dan meningkatkan risiko terjadinya komplikasi, seperti pneumonia, atelektasis, maupun gangguan pertukaran gas di paru-paru. Oleh karena itu, pemahaman yang baik mengenai definisi dan karakteristik bronkitis sangat penting sebagai dasar dalam proses pencegahan, diagnosis, dan penatalaksanaan penyakit ini (Bakhtiar et al., 2023).

Bronkitis tidak hanya memengaruhi fungsi saluran pernapasan, tetapi juga dapat menimbulkan perubahan fisiologis yang berdampak pada proses pertukaran gas di paru-paru. Peradangan yang terjadi menyebabkan peningkatan produksi sekret dan penyempitan lumen bronkus sehingga aliran udara menuju alveolus menjadi terhambat. Akibatnya, suplai oksigen ke jaringan tubuh dapat menurun dan menyebabkan penderita merasa cepat lelah, lemas, serta mengalami penurunan toleransi terhadap aktivitas fisik. Pada kasus yang lebih berat, gangguan ventilasi ini dapat mengakibatkan hipoksemia yang memerlukan penanganan medis lebih lanjut (Emilia et al., 2025).

Secara epidemiologis, bronkitis masih menjadi salah satu penyakit saluran pernapasan yang memiliki angka kejadian cukup tinggi di negara berkembang, termasuk Indonesia. Tingginya tingkat polusi udara, kebiasaan merokok dalam rumah tangga, serta penggunaan bahan bakar biomassa untuk memasak menjadi faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan risiko terjadinya bronkitis. Pada anak-anak, kondisi lingkungan yang kurang sehat dapat memperbesar kemungkinan terjadinya infeksi saluran pernapasan berulang yang pada akhirnya meningkatkan kerentanan terhadap bronkitis. Oleh karena

itu, faktor lingkungan memiliki peran penting dalam perkembangan dan keparahan penyakit ini (Yulianti et al., 2026).

Pemahaman mengenai bronkitis sangat penting bagi tenaga kesehatan, termasuk tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM), karena penyakit ini sering memerlukan pemeriksaan laboratorium sebagai penunjang diagnosis dan evaluasi kondisi pasien. Pemeriksaan hematologi dapat membantu mengidentifikasi adanya proses infeksi atau inflamasi, sedangkan pemeriksaan mikrobiologi sputum dapat digunakan untuk mendeteksi mikroorganisme penyebab penyakit. Hasil pemeriksaan laboratorium yang akurat akan membantu klinisi dalam menentukan diagnosis, memilih terapi yang tepat, serta memantau keberhasilan pengobatan yang diberikan kepada pasien bronkitis (Oktarina et al., 2024).

2.1.2 Klasifikasi Bronkitis

Bronkitis merupakan salah satu penyakit pada sistem pernapasan yang dapat diklasifikasikan berdasarkan durasi penyakit maupun penyebab yang mendasarinya. Klasifikasi ini penting untuk membantu tenaga kesehatan dalam menentukan diagnosis, penatalaksanaan, serta prognosis penyakit. Secara umum, bronkitis dibedakan menjadi bronkitis akut dan bronkitis kronis berdasarkan lamanya gejala berlangsung. Selain itu, bronkitis juga dapat dikelompokkan menjadi bronkitis infeksius dan bronkitis noninfeksius berdasarkan faktor penyebab terjadinya peradangan pada bronkus (Endri et al., 2023).

Bronkitis akut merupakan peradangan pada bronkus yang berlangsung dalam waktu relatif singkat, umumnya kurang dari tiga minggu. Penyakit ini sering diawali dengan infeksi saluran pernapasan atas yang kemudian menyebar ke bronkus. Sebagian besar kasus bronkitis akut disebabkan oleh infeksi virus, seperti virus influenza, rhinovirus, adenovirus, coronavirus, dan *respiratory syncytial virus* (RSV). Pada kondisi ini, mukosa bronkus mengalami inflamasi yang menyebabkan peningkatan produksi mukus dan munculnya gejala berupa batuk, baik kering maupun berdahak, yang dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu (Siregar & Fonna. T. R, 2025).

Berbeda dengan bronkitis akut, bronkitis kronis merupakan kondisi peradangan bronkus yang berlangsung dalam jangka waktu lama dan berulang. Secara klinis, bronkitis kronis ditandai dengan batuk produktif yang terjadi setidaknya selama tiga bulan dalam satu tahun dan berlangsung selama dua tahun berturut-turut. Penyakit ini termasuk salah satu bentuk penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) yang dapat menyebabkan penurunan fungsi paru secara progresif apabila tidak ditangani dengan baik (Armaijn et al., 2024).

Bronkitis kronis umumnya berkaitan dengan paparan iritan dalam jangka panjang, terutama asap rokok. Selain itu, paparan polusi udara, debu industri, asap kendaraan bermotor, dan bahan kimia tertentu juga dapat berkontribusi terhadap terjadinya penyakit ini. Paparan yang berlangsung terus-menerus menyebabkan perubahan struktur bronkus berupa hipertrofi kelenjar mukus, hiperplasia sel goblet, serta kerusakan silia yang berfungsi membersihkan

saluran napas. Akibatnya, produksi lendir meningkat dan saluran napas menjadi lebih rentan terhadap infeksi berulang (Tri Anti Permata Sari, 2024).

Selain berdasarkan durasi penyakit, bronkitis juga dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologinya menjadi bronkitis infeksius dan bronkitis noninfeksius. Bronkitis infeksius terjadi akibat invasi mikroorganisme ke dalam saluran pernapasan yang kemudian memicu respons inflamasi pada bronkus. Mikroorganisme yang paling sering menyebabkan bronkitis adalah virus, meskipun beberapa bakteri dan jamur juga dapat menjadi penyebab pada kondisi tertentu. Jenis bronkitis ini lebih sering ditemukan pada anak-anak karena sistem imun mereka belum berkembang secara sempurna sehingga lebih rentan terhadap infeksi saluran pernapasan (Alawiyah et al., 2025).

Bronkitis infeksius yang disebabkan oleh bakteri biasanya ditemukan pada kasus yang lebih berat atau sebagai infeksi sekunder setelah infeksi virus. Beberapa bakteri yang sering dikaitkan dengan bronkitis antara lain *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae*, dan *Bordetella pertussis*. Identifikasi agen penyebab infeksi sangat penting untuk menentukan terapi yang tepat, terutama dalam penggunaan antibiotik yang rasional. Pemeriksaan laboratorium seperti kultur sputum dan pemeriksaan mikrobiologi lainnya dapat membantu menegakkan diagnosis etiologi penyakit (Nony & Bratajaya, 2021).

Sementara itu, bronkitis noninfeksius terjadi akibat paparan berbagai faktor iritan yang tidak melibatkan mikroorganisme sebagai penyebab utama. Faktor-faktor tersebut meliputi asap rokok, polusi udara, debu, asap pembakaran kayu,

bahan kimia industri, serta alergen tertentu yang dapat mengiritasi saluran pernapasan. Paparan berulang terhadap zat-zat tersebut dapat menyebabkan inflamasi kronis pada bronkus dan meningkatkan risiko gangguan fungsi paru. Oleh karena itu, pengendalian faktor lingkungan dan penerapan gaya hidup sehat menjadi langkah penting dalam pencegahan bronkitis noninfeksius, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan individu yang sering terpapar polutan udara (Nony & Bratajaya, 2021).

2.1.3 Etiologi dan Faktor Risiko

Bronkitis merupakan penyakit inflamasi pada bronkus yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik faktor infeksi maupun noninfeksi. Etiologi bronkitis sangat beragam dan dipengaruhi oleh usia, kondisi kesehatan individu, serta lingkungan tempat tinggal. Pada anak-anak, penyebab tersering bronkitis adalah infeksi saluran pernapasan yang disebabkan oleh virus. Mikroorganisme tersebut menginvasi mukosa bronkus dan memicu respons inflamasi yang menyebabkan pembengkakan jaringan, peningkatan produksi mukus, serta gangguan fungsi saluran napas. Proses ini menjadi dasar terjadinya berbagai gejala klinis yang muncul pada penderita bronkitis (Saputri et al., 2025).

Virus merupakan penyebab utama sebagian besar kasus bronkitis akut pada anak. Beberapa jenis virus yang paling sering ditemukan antara lain *rhinovirus*, virus influenza, virus parainfluenza, *respiratory syncytial virus* (RSV), adenovirus, dan coronavirus. Virus-virus tersebut umumnya menyebar melalui droplet pernapasan atau kontak langsung dengan penderita yang terinfeksi. Setelah masuk ke dalam saluran pernapasan, virus akan menginfeksi

sel epitel bronkus dan menyebabkan kerusakan jaringan yang memicu respons inflamasi lokal. Akibatnya, terjadi peningkatan produksi lendir dan gangguan mekanisme pembersihan mukosiliar yang menjadi ciri khas bronkitis (Siregar & Fonna. T. R, 2025).

Selain virus, infeksi bakteri juga dapat menjadi penyebab bronkitis meskipun frekuensinya lebih rendah dibandingkan infeksi virus. Beberapa bakteri yang sering dikaitkan dengan bronkitis antara lain *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae*, dan *Bordetella pertussis*. Infeksi bakteri umumnya ditemukan sebagai infeksi sekunder setelah terjadi kerusakan mukosa akibat infeksi virus sebelumnya. Pada kondisi tertentu, infeksi bakteri dapat menyebabkan gejala yang lebih berat dan meningkatkan risiko komplikasi sehingga memerlukan terapi antibiotik yang sesuai berdasarkan hasil pemeriksaan klinis dan laboratorium (Endri et al., 2023).

Selain faktor infeksi, bronkitis juga dapat disebabkan oleh paparan berbagai bahan iritan yang mengganggu kesehatan saluran pernapasan. Paparan polusi udara, debu, asap kendaraan bermotor, asap pembakaran kayu, serta bahan kimia industri dapat memicu peradangan pada bronkus meskipun tanpa adanya infeksi mikroorganisme. Paparan berulang terhadap zat-zat tersebut dapat menyebabkan kerusakan epitel saluran napas dan menurunkan kemampuan sistem pertahanan paru dalam membersihkan partikel asing yang masuk ke dalam tubuh (Nuryati et al., 2023).

Salah satu faktor risiko yang paling berpengaruh terhadap kejadian bronkitis adalah paparan asap rokok. Anak-anak yang tinggal bersama anggota

keluarga perokok memiliki risiko lebih tinggi mengalami bronkitis dibandingkan anak yang tidak terpapar asap rokok. Zat-zat toksik yang terkandung dalam asap rokok dapat merusak epitel bronkus, menghambat gerakan silia, meningkatkan produksi mukus, serta menurunkan fungsi pertahanan saluran pernapasan terhadap infeksi. Kondisi tersebut menyebabkan anak lebih rentan mengalami infeksi saluran napas berulang yang pada akhirnya dapat memicu terjadinya bronkitis (Saputri et al., 2025).

Faktor lingkungan juga berperan penting dalam meningkatkan risiko terjadinya bronkitis. Kepadatan hunian yang tinggi dan ventilasi rumah yang kurang baik dapat meningkatkan konsentrasi polutan dan mempermudah penyebaran mikroorganisme penyebab infeksi saluran pernapasan. Lingkungan yang lembap dan kurang mendapatkan sirkulasi udara yang memadai dapat menjadi tempat berkembang biaknya berbagai patogen yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan pernapasan. Oleh karena itu, kondisi lingkungan tempat tinggal yang sehat sangat diperlukan untuk mengurangi risiko terjadinya bronkitis, terutama pada anak-anak (Fuji et al., 2026).

Status gizi dan kondisi sistem imun juga merupakan faktor yang memengaruhi kerentanan seseorang terhadap bronkitis. Anak dengan status gizi kurang cenderung memiliki daya tahan tubuh yang lebih rendah sehingga lebih mudah terserang infeksi saluran pernapasan. Selain itu, anak yang memiliki sistem kekebalan tubuh belum matang atau mengalami gangguan imun akan lebih rentan terhadap infeksi virus maupun bakteri yang menyerang bronkus. Kondisi ini menyebabkan proses penyembuhan berlangsung lebih

lama dan meningkatkan risiko terjadinya komplikasi penyakit (Aziz et al., 2026).

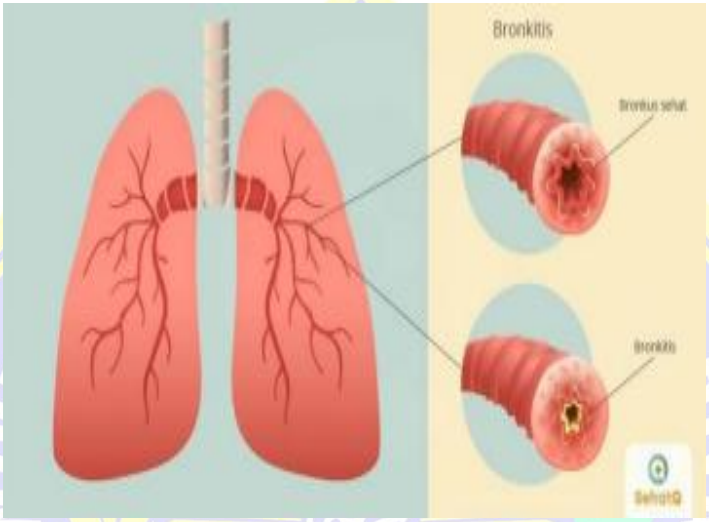
Riwayat penyakit alergi dan gangguan pernapasan seperti asma juga dapat meningkatkan risiko terjadinya bronkitis. Pada penderita asma, saluran napas cenderung lebih sensitif terhadap berbagai rangsangan sehingga lebih mudah mengalami inflamasi ketika terpapar alergen, polutan, atau agen infeksi. Selain itu, reaksi alergi yang berulang dapat menyebabkan peningkatan produksi mukus dan penyempitan bronkus yang memperberat gejala bronkitis. Dengan demikian, etiologi dan faktor risiko bronkitis bersifat multifaktorial, melibatkan interaksi antara agen penyebab, kondisi individu, serta faktor lingkungan yang memengaruhi kesehatan sistem pernapasan (Santoso et al., 2024).

2.1.4 Patofisiologi Bronkitis

Patofisiologi bronkitis diawali dengan masuknya agen penyebab, baik berupa mikroorganisme seperti virus dan bakteri maupun bahan iritan seperti asap rokok, debu, polusi udara, dan zat kimia ke dalam saluran pernapasan. Agen tersebut akan berinteraksi dengan mukosa bronkus dan memicu respons pertahanan tubuh berupa proses inflamasi. Aktivasi sistem imun menyebabkan pelepasan berbagai mediator inflamasi, seperti histamin, prostaglandin, leukotrien, serta sitokin proinflamasi yang berperan dalam memulai dan mempertahankan proses peradangan pada saluran napas (Mustofa et al., 2023).

Pada bronkitis akut, proses inflamasi umumnya berlangsung sementara dan akan membaik setelah agen penyebab berhasil dieliminasi oleh sistem

imun tubuh. Perbaikan jaringan bronkus biasanya terjadi dalam beberapa minggu tanpa meninggalkan kerusakan permanen. Namun, pada beberapa kasus, terutama pada individu dengan daya tahan tubuh rendah atau paparan faktor risiko yang terus berlanjut, proses inflamasi dapat berlangsung lebih lama dan menyebabkan gangguan fungsi saluran napas yang lebih berat (Siregar & Fonna., 2025).

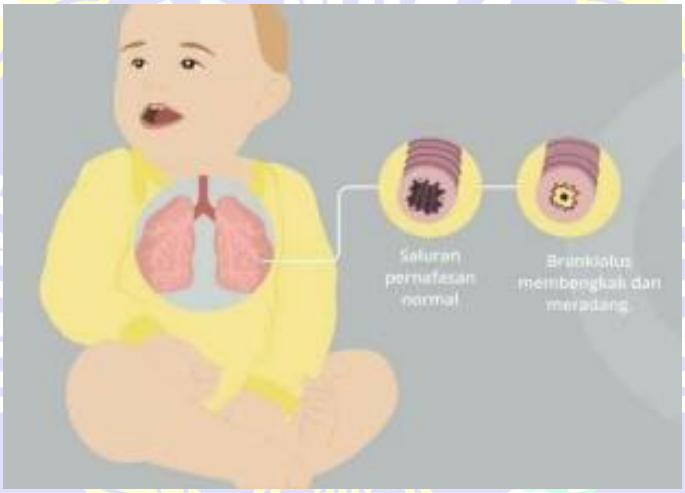


Gambar 2. 1 Kondisi pada Bronkitis Akut (Umara et al., 2021)

Berbeda dengan bronkitis akut, bronkitis kronis ditandai oleh proses inflamasi yang berlangsung terus-menerus dalam jangka waktu panjang. Peradangan kronis menyebabkan hipertrofi dan hiperplasia kelenjar mukus serta peningkatan jumlah sel goblet yang menghasilkan lendir. Selain itu, terjadi perubahan struktur dinding bronkus berupa penebalan jaringan, fibrosis, dan kerusakan epitel yang bersifat menetap. Perubahan-perubahan tersebut menyebabkan produksi mukus meningkat secara terus-menerus dan mengakibatkan penyempitan jalan napas yang kronis (Soedarsono et al., 2025).

Perubahan struktural yang terjadi pada bronkitis kronis akhirnya menyebabkan obstruksi jalan napas yang menetap dan penurunan fungsi paru.

Hambatan aliran udara mengakibatkan ventilasi alveolus menjadi tidak optimal sehingga pertukaran oksigen dan karbon dioksida terganggu. Kondisi ini dapat menyebabkan hipoksemia, hiperkapnia, serta meningkatkan risiko terjadinya hipertensi pulmonal dan gagal napas pada stadium lanjut. Oleh karena itu, patofisiologi bronkitis melibatkan rangkaian proses inflamasi yang kompleks mulai dari paparan agen penyebab, kerusakan mukosa bronkus, peningkatan produksi mukus, hingga gangguan fungsi paru yang dapat memengaruhi kualitas hidup penderita (Sibuca et al., 2026).



Gambar 2. 2 Kondisi Pada Bronkitis Kronis (Haryanto et al., 2026)

2.1.5 Manifestasi Klinis

Manifestasi klinis bronkitis merupakan kumpulan tanda dan gejala yang muncul akibat proses inflamasi pada bronkus. Batuk merupakan gejala utama dan paling sering ditemukan pada penderita bronkitis. Batuk terjadi sebagai respons refleks tubuh terhadap iritasi pada saluran napas dan penumpukan mukus di dalam bronkus. Pada tahap awal penyakit, batuk dapat bersifat kering atau tidak disertai dahak. Namun, seiring dengan meningkatnya produksi sekret akibat proses inflamasi, batuk biasanya berkembang menjadi batuk produktif yang disertai pengeluaran sputum. Durasi batuk pada bronkitis akut umumnya

berlangsung kurang dari tiga minggu, sedangkan pada bronkitis kronis batuk dapat berlangsung selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun (Umdatus Soleha et al., 2025).

Produksi sputum atau dahak merupakan manifestasi klinis yang sering menyertai batuk pada bronkitis. Sputum yang dihasilkan dapat berwarna putih, kuning, hijau, hingga kecokelatan tergantung pada tingkat peradangan dan adanya infeksi sekunder. Perubahan warna sputum umumnya disebabkan oleh peningkatan jumlah sel inflamasi, terutama neutrofil, yang menghasilkan enzim tertentu selama proses peradangan. Peningkatan produksi sputum terjadi akibat hiperaktivitas kelenjar mukus dan sel goblet yang terstimulasi oleh proses inflamasi pada bronkus (Molidia et al., 2024).

Sesak napas juga sering ditemukan pada penderita bronkitis, terutama ketika terjadi penyempitan lumen bronkus akibat edema mukosa dan penumpukan lendir. Hambatan aliran udara menyebabkan proses ventilasi paru menjadi kurang efektif sehingga kebutuhan oksigen tubuh tidak terpenuhi secara optimal. Pada kasus ringan, sesak napas biasanya hanya muncul saat beraktivitas, sedangkan pada kasus yang lebih berat sesak dapat dirasakan bahkan saat istirahat. Kondisi ini sering kali disertai peningkatan frekuensi napas sebagai mekanisme kompensasi tubuh untuk memenuhi kebutuhan oksigen jaringan (Sijabat et al., 2024).

Manifestasi klinis lainnya yang sering ditemukan adalah bunyi napas tambahan berupa wheezing dan ronki. Wheezing merupakan suara mengi bernada tinggi yang umumnya terdengar saat ekspirasi akibat penyempitan

saluran napas. Sementara itu, ronki merupakan suara napas tambahan yang disebabkan oleh adanya lendir atau sekret di dalam bronkus. Kedua tanda tersebut dapat dideteksi melalui pemeriksaan auskultasi menggunakan stetoskop dan sering digunakan sebagai indikator adanya gangguan aliran udara pada saluran pernapasan (Prehanawan & Jaenudin, 2024).

Demam merupakan gejala sistemik yang cukup sering menyertai bronkitis, terutama yang disebabkan oleh infeksi virus atau bakteri. Demam terjadi akibat pelepasan mediator inflamasi seperti interleukin dan prostaglandin yang memengaruhi pusat pengatur suhu di hipotalamus. Pada bronkitis akut, demam biasanya bersifat ringan hingga sedang dan berlangsung selama beberapa hari. Namun, apabila demam berlangsung lama atau disertai gejala yang semakin berat, perlu dipertimbangkan kemungkinan adanya komplikasi seperti pneumonia atau infeksi saluran pernapasan bawah lainnya (Jamila et al., 2025).

Pada anak-anak, manifestasi klinis bronkitis sering kali tidak hanya terbatas pada gejala pernapasan. Anak yang mengalami bronkitis dapat menunjukkan gejala berupa rewel, mudah menangis, penurunan nafsu makan, gangguan tidur, serta penurunan aktivitas fisik. Kondisi tersebut terjadi karena proses inflamasi dan gangguan pernapasan menyebabkan tubuh membutuhkan energi lebih besar untuk mempertahankan fungsi fisiologis normal. Akibatnya, anak menjadi lebih cepat lelah dan kurang aktif dibandingkan kondisi biasanya (Astuti et al., 2023).

Derajat keparahan manifestasi klinis bronkitis dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain usia pasien, status imun, status gizi, jenis mikroorganisme penyebab, serta adanya penyakit penyerta seperti asma atau alergi. Anak-anak dengan sistem imun yang belum matang cenderung mengalami gejala yang lebih berat dibandingkan orang dewasa. Selain itu, paparan faktor risiko seperti asap rokok dan polusi udara dapat memperburuk gejala yang muncul dan memperpanjang proses penyembuhan. Oleh karena itu, pengenalan dini terhadap manifestasi klinis bronkitis sangat penting untuk mencegah komplikasi dan meningkatkan keberhasilan penatalaksanaan penyakit (Hafid et al., 2025).

2.1.6 Komplikasi Bronkitis

Bronkitis umumnya merupakan penyakit yang dapat sembuh dengan baik apabila mendapatkan penanganan yang tepat. Namun, pada beberapa kasus, terutama pada pasien dengan daya tahan tubuh rendah, usia anak-anak, lansia, atau penderita penyakit kronis, bronkitis dapat berkembang menjadi berbagai komplikasi yang lebih serius. Komplikasi tersebut terjadi akibat proses inflamasi yang berkepanjangan, gangguan pembersihan saluran napas, serta penyebaran infeksi ke jaringan paru yang lebih dalam. Oleh karena itu, deteksi dini dan pengelolaan yang tepat sangat penting untuk mencegah terjadinya komplikasi pada penderita bronkitis (Radjivshah et al., 2024).

Salah satu komplikasi yang paling sering terjadi adalah pneumonia, yaitu infeksi pada jaringan paru yang menyebabkan peradangan alveolus. Pneumonia dapat berkembang ketika mikroorganisme penyebab bronkitis menyebar dari bronkus menuju alveolus. Kondisi ini menyebabkan alveolus

terisi cairan atau eksudat inflamasi sehingga mengganggu proses pertukaran gas. Pasien yang mengalami pneumonia umumnya menunjukkan gejala yang lebih berat, seperti demam tinggi, sesak napas berat, nyeri dada, serta penurunan saturasi oksigen. Risiko terjadinya pneumonia lebih tinggi pada anak-anak, lansia, dan individu dengan sistem imun yang lemah (Arliska & Hartono, 2024).

Komplikasi lain yang dapat terjadi adalah atelektasis, yaitu kondisi kolaps atau mengempisnya sebagian jaringan paru akibat penyumbatan saluran napas oleh lendir yang berlebihan. Akumulasi mukus yang tidak dapat dikeluarkan secara efektif menyebabkan udara tidak dapat mencapai alveolus secara optimal. Akibatnya, sebagian paru kehilangan kemampuan untuk mengembang secara normal sehingga kapasitas ventilasi menurun. Kondisi ini dapat memperburuk gejala sesak napas dan meningkatkan risiko terjadinya infeksi sekunder pada jaringan paru yang terdampak (Nurfitriani & Salam, 2024).

Pada pasien yang telah memiliki penyakit paru kronis sebelumnya, seperti asma atau penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), bronkitis dapat memicu eksaserbasi akut yang menyebabkan perburukan gejala secara mendadak. Proses inflamasi yang meningkat dapat menyebabkan penyempitan saluran napas yang lebih berat sehingga memperparah sesak napas, batuk, dan produksi sputum. Eksaserbasi berulang dapat mempercepat penurunan fungsi paru dan meningkatkan angka rawat inap maupun mortalitas pada pasien dengan penyakit paru kronis (Dewi et al., 2022).

Bronkitis kronis yang berlangsung dalam jangka panjang juga dapat menyebabkan perubahan struktural permanen pada saluran pernapasan. Inflamasi yang terus-menerus mengakibatkan hipertrofi kelenjar mukus, hiperplasia sel goblet, fibrosis dinding bronkus, serta kerusakan epitel saluran napas. Perubahan tersebut menyebabkan produksi lendir berlebihan dan penyempitan jalan napas yang menetap. Akibatnya, penderita mengalami penurunan fungsi paru secara progresif yang dapat mengganggu aktivitas sehari-hari dan menurunkan kualitas hidup secara signifikan (Soussi & Xie, 2023).

Selain menyebabkan perubahan pada struktur bronkus, bronkitis kronis juga dapat mengganggu proses pertukaran gas di paru-paru. Hambatan aliran udara yang berlangsung lama menyebabkan ventilasi alveolus menjadi tidak optimal sehingga kadar oksigen dalam darah menurun dan kadar karbon dioksida meningkat. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat memicu hipertensi pulmonal, cor pulmonale, serta gangguan fungsi organ lainnya akibat kekurangan oksigen kronis. Oleh karena itu, pencegahan komplikasi melalui pengobatan yang adekuat, pengendalian faktor risiko, dan pemantauan kondisi pasien secara berkala merupakan langkah penting dalam penatalaksanaan bronkitis (Caroline & Efendi, 2026).

2.1.7 Diagnosis Bronkitis

Diagnosis bronkitis merupakan langkah penting untuk menentukan penyebab penyakit, tingkat keparahan, serta tindakan penatalaksanaan yang tepat. Penegakan diagnosis dilakukan melalui kombinasi anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang. Tujuan utama proses diagnosis

adalah mengidentifikasi adanya inflamasi pada bronkus serta membedakan bronkitis dari penyakit saluran pernapasan lain yang memiliki gejala serupa, seperti pneumonia, asma, tuberkulosis, atau penyakit paru obstruktif kronis. Diagnosis yang tepat akan membantu tenaga kesehatan dalam menentukan terapi yang efektif dan mencegah terjadinya komplikasi lebih lanjut (Khairani, 2024).

Pemeriksaan fisik dilakukan untuk menilai kondisi umum pasien dan mengidentifikasi tanda-tanda gangguan pernapasan. Pada pemeriksaan inspeksi dapat ditemukan peningkatan frekuensi napas, penggunaan otot bantu pernapasan, atau retraksi dinding dada pada kasus yang lebih berat. Selain itu, pemeriksaan tanda vital seperti suhu tubuh, frekuensi nadi, frekuensi napas, dan saturasi oksigen juga perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat keparahan penyakit dan kondisi fisiologis pasien secara keseluruhan (Pangestu & Sutawardana, 2025).

Pemeriksaan laboratorium dapat dilakukan untuk membantu menegakkan diagnosis dan menentukan etiologi bronkitis. Pemeriksaan hematologi rutin, khususnya hitung leukosit, dapat menunjukkan adanya peningkatan jumlah sel darah putih sebagai respons terhadap infeksi atau inflamasi. Selain itu, pemeriksaan kadar *C-Reactive Protein* (CRP) dan laju endap darah (LED) dapat digunakan untuk menilai tingkat peradangan yang terjadi dalam tubuh. Meskipun hasil pemeriksaan tersebut tidak spesifik untuk bronkitis, data laboratorium dapat membantu membedakan infeksi ringan dengan kondisi yang lebih serius (Nur et al., 2024).

Pada bidang Teknologi Laboratorium Medis, pemeriksaan sputum memiliki peran penting dalam membantu menentukan penyebab bronkitis, terutama pada kasus yang dicurigai disebabkan oleh bakteri. Analisis sputum dapat meliputi pemeriksaan makroskopis, mikroskopis, kultur bakteri, dan uji sensitivitas antibiotik. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroorganisme penyebab infeksi sehingga terapi yang diberikan dapat lebih tepat sasaran. Selain itu, pemeriksaan sputum juga dapat membantu membedakan bronkitis dari penyakit infeksi paru lainnya, seperti tuberkulosis dan pneumonia bacterial (Nasywa et al., 2022).

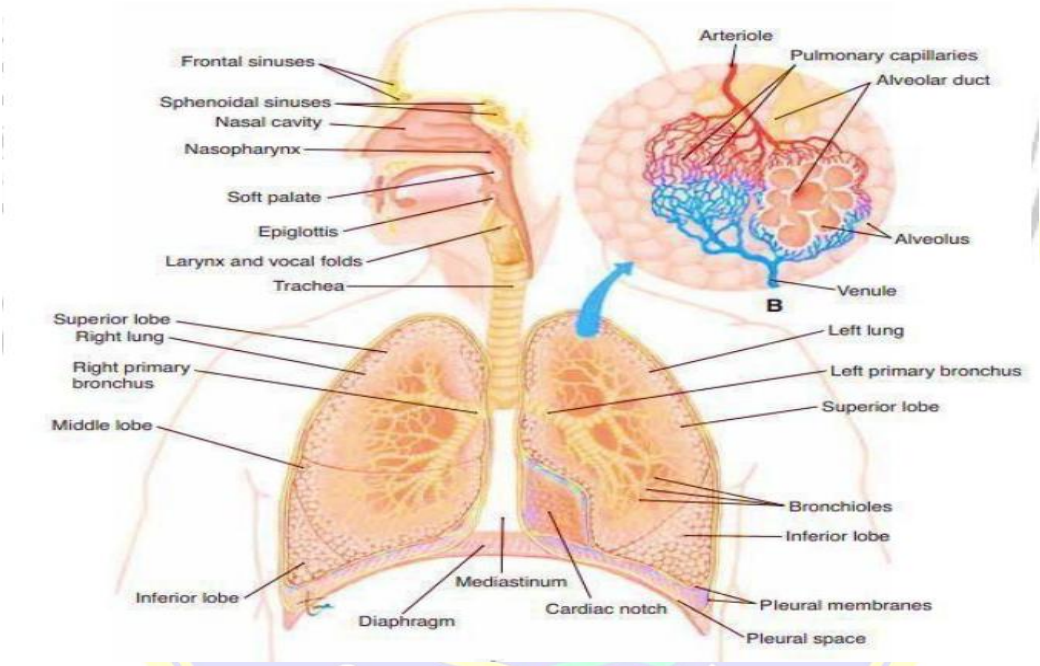
Pemeriksaan radiologi, terutama foto toraks, umumnya dilakukan untuk menyingkirkan kemungkinan penyakit lain yang memiliki gejala serupa dengan bronkitis. Pada bronkitis akut, hasil foto toraks sering kali tampak normal atau hanya menunjukkan peningkatan gambaran bronkovaskular ringan. Namun, apabila ditemukan infiltrat paru atau konsolidasi, maka perlu dipertimbangkan diagnosis pneumonia. Oleh karena itu, diagnosis bronkitis harus ditegakkan secara komprehensif melalui integrasi hasil anamnesis, pemeriksaan fisik, laboratorium, dan radiologi agar diperoleh gambaran kondisi pasien yang akurat serta mendukung keberhasilan penatalaksanaan penyakit (Mulyadi et al., 2024).

2.2 Sistem Pernapasan

2.2.1 Anatomi Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan merupakan sistem organ yang berperan dalam proses pertukaran gas antara tubuh dan lingkungan. Fungsi utama sistem pernapasan adalah menyediakan oksigen (O_2) yang dibutuhkan sel-sel tubuh untuk proses

metabolisme serta mengeluarkan karbon dioksida (CO_2) sebagai hasil sisa metabolisme. Secara anatomis, sistem pernapasan manusia dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu saluran pernapasan atas dan saluran pernapasan bawah. Pembagian ini didasarkan pada letak anatomis dan fungsi masing-masing organ dalam proses respirasi. Kerja sama seluruh organ pernapasan sangat penting untuk menjaga keseimbangan kebutuhan oksigen dan karbon dioksida dalam tubuh (Marufah et al., 2022).



Gambar 2. 3 Anatomi Sistem Pernapasan Pada Manusia (Hasrtmut Lang, 2023)

Saluran pernapasan atas terdiri atas hidung, rongga hidung, sinus paranasal, dan faring. Hidung merupakan pintu masuk utama udara ke dalam sistem pernapasan. Di dalam rongga hidung terdapat rambut halus, mukus, dan jaringan pembuluh darah yang berfungsi menyaring partikel asing, menghangatkan udara, serta menjaga kelembapan udara sebelum mencapai saluran pernapasan bagian bawah. Selain itu, rongga hidung juga berperan

dalam fungsi penciuman dan membantu mempertahankan kondisi lingkungan yang optimal bagi proses respirasi (Faathira et al., 2024).

Faring merupakan saluran berbentuk tabung yang menghubungkan rongga hidung dan rongga mulut dengan laring. Organ ini berfungsi sebagai jalur bersama bagi sistem pernapasan dan sistem pencernaan. Faring dibagi menjadi tiga bagian, yaitu nasofaring, orofaring, dan laringofaring. Pada sistem pernapasan, faring berperan dalam menyalurkan udara dari rongga hidung menuju laring serta membantu mempertahankan patensi jalan napas. Selain itu, jaringan limfoid yang terdapat pada faring juga berperan sebagai pertahanan awal tubuh terhadap mikroorganisme yang masuk melalui udara (Zefanya & Pandelaki et al., 2023)

Saluran pernapasan bawah dimulai dari laring yang terletak di antara faring dan trakea. Laring berfungsi sebagai jalur udara sekaligus organ pembentuk suara karena mengandung pita suara. Di bawah laring terdapat trakea, yaitu saluran pernapasan yang tersusun atas cincin tulang rawan berbentuk huruf C yang menjaga agar lumen tetap terbuka selama proses respirasi. Trakea kemudian bercabang menjadi bronkus kanan dan kiri yang masing-masing memasuki paru-paru. Bronkus berfungsi sebagai penghantar udara menuju percabangan yang lebih kecil, yaitu bronkiolus (Candrawati et al., 2022).

Bronkiolus merupakan percabangan kecil dari bronkus yang tidak lagi memiliki cincin tulang rawan, melainkan tersusun atas otot polos yang dapat berkontraksi dan berelaksasi untuk mengatur aliran udara. Bronkiolus berakhir pada struktur yang disebut alveolus, yaitu kantung udara mikroskopis yang

menjadi unit fungsional utama paru-paru. Dinding alveolus sangat tipis dan dikelilingi oleh jaringan kapiler yang luas sehingga memungkinkan terjadinya difusi oksigen dan karbon dioksida secara efisien. Struktur ini sangat penting dalam mempertahankan fungsi respirasi yang optimal dan memenuhi kebutuhan oksigen seluruh jaringan tubuh (Daniell, 2026).

Paru-paru sebagai organ utama sistem pernapasan tersusun atas jutaan alveolus yang memberikan luas permukaan sangat besar untuk proses pertukaran gas. Paru kanan terdiri atas tiga lobus, sedangkan paru kiri terdiri atas dua lobus untuk memberikan ruang bagi jantung. Seluruh organ sistem pernapasan bekerja secara terintegrasi mulai dari proses masuknya udara melalui hidung hingga terjadinya pertukaran gas di alveolus. Oleh karena itu, gangguan pada salah satu bagian sistem pernapasan, termasuk bronkus yang mengalami inflamasi pada bronkitis, dapat memengaruhi fungsi respirasi secara keseluruhan dan menyebabkan berbagai gejala klinis pada penderita (Ariani & Juniati, 2022).

2.2.1 Struktur Bronkus dan Bronkiolus

Bronkus merupakan bagian dari saluran pernapasan bawah yang terbentuk dari percabangan trakea menjadi bronkus utama kanan dan bronkus utama kiri. Bronkus utama kanan memiliki ukuran yang lebih pendek, lebih lebar, dan lebih vertikal dibandingkan bronkus utama kiri, sehingga benda asing yang terhirup lebih sering masuk ke paru-paru kanan. Setelah memasuki paru-paru, bronkus utama akan bercabang menjadi bronkus lobaris dan bronkus segmentalis yang berfungsi menyalurkan udara ke seluruh bagian paru-paru.

Struktur percabangan ini memungkinkan distribusi udara berlangsung secara merata ke jaringan paru untuk mendukung proses respirasi yang optimal (Qurniawan & Asyari, 2022).

Dinding bronkus tersusun atas beberapa lapisan yang memiliki fungsi khusus dalam mempertahankan patensi jalan napas. Lapisan terdalam terdiri atas epitel silindris berlapis semu bersilia yang mengandung sel goblet penghasil mukus. Mukus berfungsi menangkap partikel asing, debu, dan mikroorganisme yang masuk bersama udara, sedangkan silia berperan menggerakkan mukus ke arah saluran pernapasan atas agar dapat dikeluarkan dari tubuh. Mekanisme ini dikenal sebagai sistem pembersihan mukosiliar yang merupakan salah satu pertahanan utama saluran pernapasan terhadap infeksi dan iritasi (Yunus et al., 2022).

Selain epitel bersilia, bronkus juga tersusun atas jaringan ikat, serat elastis, otot polos, dan lempengan tulang rawan hialin. Tulang rawan berfungsi menjaga lumen bronkus tetap terbuka selama proses inspirasi dan ekspirasi, sehingga aliran udara dapat berlangsung dengan lancar. Sementara itu, otot polos pada dinding bronkus berperan dalam mengatur diameter saluran napas melalui mekanisme kontraksi dan relaksasi. Perubahan diameter bronkus ini sangat penting dalam mengatur resistensi aliran udara yang masuk ke paru-paru sesuai kebutuhan tubuh (Rullian et al., 2024).

Bronkiolus merupakan percabangan lebih kecil dari bronkus yang memiliki diameter kurang dari 1 mm dan tidak lagi mengandung tulang rawan maupun kelenjar mukus. Dinding bronkiolus terutama tersusun atas epitel sederhana,

jaringan elastis, dan lapisan otot polos yang relatif lebih dominan dibandingkan bronkus. Karena tidak memiliki tulang rawan sebagai penyangga, bronkiolus lebih rentan mengalami penyempitan akibat kontraksi otot polos, edema, maupun akumulasi sekret. Kondisi ini sering ditemukan pada berbagai penyakit saluran pernapasan, termasuk bronkitis dan asma (Firmansyah et al., 2024).

Fungsi utama bronkiolus adalah mengatur distribusi udara menuju alveolus melalui mekanisme kontraksi dan relaksasi otot polos. Bronkiolus terminalis akan bercabang menjadi bronkiolus respiratorius yang kemudian berlanjut menuju duktus alveolaris dan alveolus sebagai tempat pertukaran gas. Struktur bronkus dan bronkiolus yang tersusun secara berjenjang memungkinkan udara dapat dialirkan secara efisien dari lingkungan luar menuju alveolus. Oleh karena itu, gangguan pada bronkus maupun bronkiolus, seperti inflamasi dan peningkatan produksi mukus pada bronkitis, dapat menyebabkan hambatan aliran udara yang berdampak pada fungsi pernapasan secara keseluruhan (Nurhikmawati et al., 2024).

2.2.2 Alveolus dan Pertukaran Gas

Alveolus merupakan unit fungsional utama paru-paru yang berperan sebagai tempat terjadinya pertukaran gas antara udara dan darah. Alveolus berbentuk kantung udara kecil yang terletak pada ujung bronkiolus respiratorius dan tersusun dalam jumlah yang sangat banyak di dalam paru-paru. Diperkirakan paru-paru manusia memiliki sekitar 300–500 juta alveolus yang menyediakan luas permukaan yang sangat besar untuk proses pertukaran

gas. Struktur alveolus yang luas dan tipis memungkinkan proses respirasi berlangsung secara efisien untuk memenuhi kebutuhan oksigen seluruh jaringan tubuh (Anggi et al., 2026).

Secara histologis, dinding alveolus tersusun atas epitel pipih selapis yang sangat tipis sehingga memudahkan proses difusi gas. Dinding alveolus terdiri atas dua jenis sel utama, yaitu pneumosit tipe I dan pneumosit tipe II. Pneumosit tipe I berfungsi membentuk sebagian besar permukaan alveolus dan berperan langsung dalam proses pertukaran gas. Sementara itu, pneumosit tipe II menghasilkan surfaktan, yaitu zat yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan alveolus sehingga mencegah alveolus mengalami kolaps selama proses pernapasan. Keberadaan surfaktan sangat penting untuk menjaga stabilitas alveolus dan mempertahankan fungsi paru yang normal (Mescher et al., 2021).

Setiap alveolus dikelilingi oleh jaringan kapiler darah yang sangat rapat sehingga membentuk hubungan yang erat antara udara alveolar dan sirkulasi darah. Dinding alveolus dan dinding kapiler hanya dipisahkan oleh membran respirasi yang sangat tipis dengan ketebalan sekitar 0,5 mikrometer. Ketebalan membran yang minimal ini memungkinkan molekul gas bergerak dengan cepat melalui proses difusi. Hubungan anatomis yang erat antara alveolus dan kapiler menjadi faktor utama yang mendukung efisiensi pertukaran gas di paru-paru (Tortora & Derrickson, 2021).

Proses pertukaran gas terjadi berdasarkan perbedaan tekanan parsial antara udara di dalam alveolus dan darah dalam kapiler paru. Oksigen yang memiliki

tekanan parsial lebih tinggi di alveolus akan berdifusi menembus membran respirasi menuju darah kapiler yang memiliki tekanan parsial oksigen lebih rendah. Setelah masuk ke dalam darah, oksigen akan berikatan dengan hemoglobin dalam eritrosit dan diedarkan ke seluruh jaringan tubuh untuk mendukung proses metabolisme sel. Mekanisme ini merupakan langkah penting dalam menjaga kebutuhan oksigen tubuh tetap terpenuhi (Tortora & Derrickson, 2021).

Sebaliknya, karbon dioksida sebagai hasil akhir metabolisme sel memiliki tekanan parsial yang lebih tinggi di dalam darah dibandingkan di alveolus. Oleh karena itu, karbon dioksida berdifusi dari kapiler paru menuju alveolus melalui membran respirasi. Setelah mencapai alveolus, karbon dioksida akan dikeluarkan dari tubuh melalui proses ekspirasi. Pengeluaran karbon dioksida sangat penting untuk menjaga keseimbangan asam-basa tubuh dan mencegah terjadinya penumpukan gas yang dapat mengganggu fungsi fisiologis berbagai organ (sari et al., 2021).

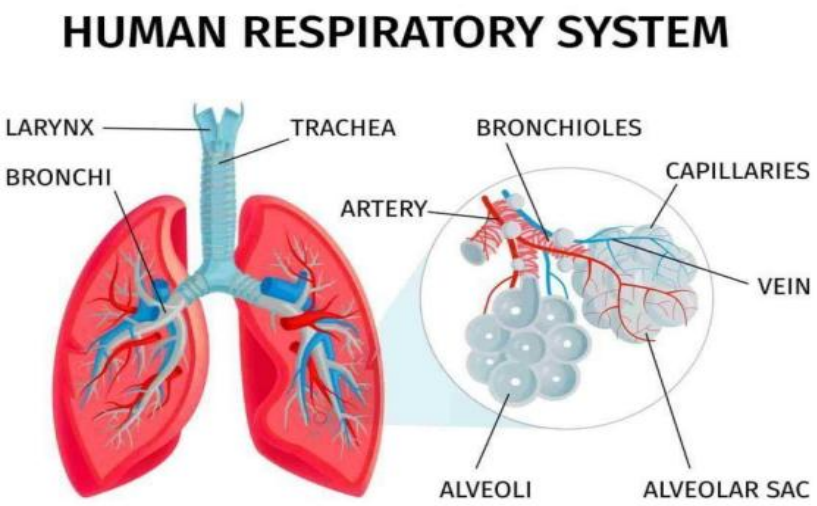
Efektivitas pertukaran gas di alveolus dipengaruhi oleh beberapa faktor penting, salah satunya adalah luas permukaan alveolus. Semakin luas permukaan yang tersedia, semakin besar pula jumlah oksigen dan karbon dioksida yang dapat berdifusi dalam waktu tertentu. Selain itu, ketebalan membran respirasi juga berpengaruh terhadap kecepatan difusi gas. Membran yang mengalami penebalan akibat inflamasi, edema, atau fibrosis dapat menghambat proses pertukaran gas sehingga menyebabkan penurunan kadar oksigen dalam darah. Faktor lain yang tidak kalah penting adalah perfusi

kapiler paru yang menentukan jumlah darah yang tersedia untuk menerima oksigen dan melepaskan karbon dioksida (Hartmut Lang et al., 2023).

Pada penyakit saluran pernapasan seperti bronkitis, proses pertukaran gas dapat terganggu akibat hambatan aliran udara menuju alveolus. Peradangan bronkus, peningkatan produksi mukus, dan penyempitan saluran napas menyebabkan ventilasi alveolus menjadi kurang optimal. Akibatnya, jumlah oksigen yang mencapai alveolus berkurang sehingga efisiensi difusi gas menurun. Jika kondisi ini berlangsung dalam waktu lama atau terjadi secara berat, dapat timbul hipoksemia dan gangguan fungsi respirasi yang berdampak pada kesehatan tubuh secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai struktur alveolus dan mekanisme pertukaran gas sangat penting dalam memahami patogenesis berbagai penyakit sistem pernapasan, termasuk bronkitis (Haryanto & Umara, 2026).

2.2.2 Fisiologi Sistem Pernapasan

Fisiologi sistem pernapasan merupakan serangkaian proses yang memungkinkan tubuh memperoleh oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida untuk mempertahankan fungsi metabolisme sel. Secara umum, proses fisiologi pernapasan meliputi ventilasi, difusi, perfusi, dan regulasi pernapasan yang bekerja secara terintegrasi. Gangguan pada salah satu proses tersebut dapat menyebabkan ketidakseimbangan pertukaran gas dan memengaruhi fungsi organ tubuh secara keseluruhan. Oleh karena itu, sistem pernapasan memiliki peran penting dalam menjaga kelangsungan hidup dan homeostasis tubuh (Tortora & Derrickson, 2021)



Gambar 2. 4 Sistem Pernapasan Manusia (Umara et al., 2021)

Ventilasi merupakan proses keluar masuknya udara ke dalam paru-paru yang terjadi melalui mekanisme inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi terjadi ketika diafragma dan otot interkostal berkontraksi sehingga volume rongga toraks meningkat dan udara masuk ke paru-paru. Sebaliknya, ekspirasi terjadi ketika otot-otot tersebut relaksasi sehingga volume rongga toraks menurun dan udara keluar dari paru-paru. Setelah udara mencapai alveolus, proses difusi berlangsung melalui membran alveolokapiler. Pada tahap ini, oksigen berdifusi dari alveolus menuju kapiler darah, sedangkan karbon dioksida berdifusi dari darah menuju alveolus untuk dikeluarkan melalui proses ekspirasi (Marieb & Hoen, 2021).

Selain ventilasi dan difusi, proses fisiologi pernapasan juga melibatkan perfusi, yaitu aliran darah melalui kapiler paru yang berfungsi mengangkut oksigen ke jaringan tubuh dan membawa karbon dioksida kembali ke paru-paru. Efektivitas pertukaran gas sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara ventilasi dan perfusi. Apabila ventilasi atau perfusi terganggu, maka distribusi

oksigen ke jaringan akan menurun dan dapat menyebabkan hipoksemia. Oleh karena itu, koordinasi yang baik antara sistem pernapasan dan sistem kardiovaskular sangat diperlukan untuk mempertahankan suplai oksigen yang adekuat bagi seluruh sel tubuh (Tortora & Derrickson, 2021).

Frekuensi dan kedalaman pernapasan diatur oleh pusat pernapasan yang terletak di medula oblongata dan pons. Pusat ini menerima informasi dari kemoreseptor yang peka terhadap perubahan kadar oksigen, karbon dioksida, dan pH darah. Peningkatan kadar karbon dioksida atau penurunan pH darah akan merangsang pusat pernapasan untuk meningkatkan frekuensi serta kedalaman napas guna mempertahankan keseimbangan asam-basa tubuh. Mekanisme regulasi ini memungkinkan tubuh menjaga homeostasis secara terus-menerus dan beradaptasi terhadap berbagai perubahan kebutuhan metabolik maupun kondisi lingkungan (Guyton et al., 2021).

2.3 Pemeriksaan Laboratorium pada Bronkitis

Pemeriksaan laboratorium memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung diagnosis, menentukan etiologi, serta memantau perkembangan penyakit bronkitis. Dalam bidang Teknologi Laboratorium Medis (TLM), pemeriksaan laboratorium berfungsi sebagai pemeriksaan penunjang yang membantu klinisi memperoleh informasi objektif mengenai kondisi pasien. Meskipun diagnosis bronkitis umumnya ditegakkan berdasarkan anamnesis dan pemeriksaan fisik, hasil pemeriksaan laboratorium dapat memberikan gambaran mengenai adanya proses infeksi, tingkat inflamasi, serta kemungkinan komplikasi yang menyertai penyakit. Oleh karena itu, pemeriksaan laboratorium menjadi bagian penting dalam tata laksana pasien

bronkitis, terutama pada kasus yang menunjukkan gejala berat atau berkepanjangan (Haryanto et al., 2026).

Pemeriksaan biomarker inflamasi seperti C-Reactive Protein (CRP) dan Laju Endap Darah (LED) juga sering digunakan dalam evaluasi pasien bronkitis. CRP merupakan protein fase akut yang diproduksi oleh hati sebagai respons terhadap proses inflamasi dan infeksi. Peningkatan kadar CRP dapat menunjukkan adanya peradangan aktif dalam tubuh dan membantu membedakan infeksi ringan dengan kondisi yang lebih berat. Sementara itu, LED digunakan untuk menilai tingkat inflamasi secara umum meskipun bersifat kurang spesifik. Kombinasi pemeriksaan CRP dan LED dapat membantu tenaga kesehatan dalam menilai derajat keparahan inflamasi yang terjadi pada pasien bronkitis (Magfiroh et al., 2021).

Pemeriksaan mikrobiologi sputum memiliki peran penting dalam mengidentifikasi mikroorganisme penyebab bronkitis, terutama pada kasus yang dicurigai disebabkan oleh infeksi bakteri. Pemeriksaan sputum dapat diawali dengan analisis makroskopis untuk menilai warna, jumlah, konsistensi, dan karakteristik dahak yang dihasilkan pasien. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan mikroskopis menggunakan pewarnaan Gram untuk mengidentifikasi bentuk dan jenis bakteri. Kultur sputum serta uji sensitivitas antibiotik dapat dilakukan untuk menentukan mikroorganisme penyebab dan memilih terapi antibiotik yang paling efektif. Pemeriksaan ini sangat penting untuk mendukung penggunaan antibiotik yang rasional dan mencegah terjadinya resistensi antimikroba (Forbes et al., 2022).

Pada kasus bronkitis yang berat atau disertai gangguan pernapasan, pemeriksaan analisis gas darah (AGD) dapat dilakukan untuk menilai status oksigenasi dan keseimbangan asam-basa pasien. Pemeriksaan ini mengukur parameter penting seperti tekanan parsial oksigen (PaO_2), tekanan parsial karbon dioksida ($PaCO_2$), saturasi oksigen (SaO_2), serta pH darah. Hasil analisis gas darah dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan paru-paru dalam melakukan pertukaran gas dan membantu mendeteksi kondisi seperti hipoksemia, hiperkapnia, maupun gagal napas. Dengan demikian, pemeriksaan laboratorium memiliki kontribusi yang sangat besar dalam menunjang diagnosis, menentukan terapi, serta memantau kondisi pasien bronkitis secara menyeluruh (Haryanto et al., 2026).

2.4 Tinjauan Umum C-Reactive protein (CRP)

2.4.1 Definisi C-Reactive Protein (CRP)

C-Reactive Protein (CRP) merupakan protein fase akut yang diproduksi oleh hati sebagai respons terhadap adanya proses inflamasi, infeksi, maupun kerusakan jaringan dalam tubuh. Protein ini pertama kali ditemukan karena kemampuannya berikatan dengan polisakarida C dari Streptococcus pneumoniae, sehingga diberi nama C-Reactive Protein. Secara struktural, CRP termasuk dalam keluarga protein pentraxin yang memiliki struktur pentamerik simetris, terdiri dari lima subunit identik yang terikat secara non-kovalen. Keberadaan CRP dalam sirkulasi darah mencerminkan kondisi inflamasi aktif di dalam tubuh, menjadikannya salah satu penanda biologis yang paling banyak diteliti dan digunakan secara klinis (Ramona & Santoso, 2026).

Dalam kondisi normal, kadar CRP dalam darah relatif rendah, yaitu kurang dari 10 mg/L. Namun, pada kondisi infeksi akut, sepsis, atau trauma jaringan yang berat, kadarnya dapat meningkat secara dramatis dan signifikan. Peningkatan kadar CRP yang cepat dan proporsional terhadap derajat keparahan inflamasi menjadikan protein ini sangat berguna sebagai biomarker untuk membantu menegakkan diagnosis dan memantau respons pengobatan. Selain itu, CRP juga diketahui memiliki fungsi imunologis langsung, seperti mengaktifkan sistem komplemen dan memfasilitasi fagositosis melalui mekanisme opsonisasi, sehingga berperan aktif dalam pertahanan tubuh terhadap infeksi (Marrena et al., 2023).

Dalam proses diagnosis, pemeriksaan C-Reactive Protein (CRP) sering dibandingkan atau dikombinasikan dengan pemeriksaan penanda inflamasi lainnya, seperti procalcitonin (PCT) dan laju endap darah (LED). Pemeriksaan PCT lebih spesifik dalam mendeteksi infeksi yang disebabkan oleh bakteri, terutama infeksi bakteri berat, sedangkan CRP dapat menunjukkan adanya proses peradangan secara lebih umum, baik akibat infeksi maupun penyebab lainnya. Penggunaan kombinasi pemeriksaan CRP dan PCT dapat memberikan hasil penilaian yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan salah satu pemeriksaan saja, terutama dalam mendeteksi infeksi berat seperti sepsis sejak dini. Kombinasi kedua pemeriksaan tersebut dapat membantu tenaga kesehatan membedakan infeksi bakteri dengan kondisi peradangan yang bukan disebabkan oleh infeksi, sehingga diagnosis dan pemberian terapi dapat dilakukan dengan lebih tepat (Mashabi, 2024).

Pemeriksaan C-Reactive Protein (CRP) banyak digunakan dalam bidang laboratorium klinik karena mampu memberikan gambaran mengenai adanya respons inflamasi yang terjadi dalam tubuh, termasuk pada pasien anak dengan infeksi saluran pernapasan. Pada kelompok usia anak, hasil pemeriksaan kadar CRP perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan kondisi klinis pasien, usia, serta kemungkinan adanya penyakit lain yang memiliki gejala serupa. Pemeriksaan CRP juga dapat dikombinasikan dengan parameter inflamasi lain, seperti laju endap darah (LED), untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai proses peradangan. Selain itu, perkembangan teknologi laboratorium telah menghasilkan metode high-sensitivity C-Reactive Protein (hs-CRP) yang mampu mendeteksi kadar CRP dalam jumlah lebih rendah, sehingga penggunaannya semakin luas tidak hanya pada penyakit infeksi akut, tetapi juga dalam penilaian risiko penyakit kardiovaskular dan penyakit kronis lainnya (Shari, 2024).

2.4.2 Mekanisme Pembentukan CRP

Pembentukan C-Reactive Protein (CRP) dimulai ketika tubuh mengalami infeksi, cedera jaringan, atau proses peradangan. Kondisi tersebut akan mengaktifkan sel-sel sistem kekebalan tubuh, seperti makrofag, monosit, dan sel dendritik, untuk menghasilkan zat kimia yang disebut sitokin proinflamasi. Sitokin yang berperan dalam merangsang pembentukan CRP antara lain interleukin-6 (IL-6), interleukin-1β (IL-1β), dan tumor necrosis factor-alpha (TNF-α). Di antara sitokin tersebut, IL-6 memiliki peran utama karena mampu

merangsang sel hati (hepatosit) untuk meningkatkan produksi CRP sebagai respons terhadap adanya peradangan dalam tubuh (Mahardieni et al., 2026).

Setelah mendapatkan rangsangan tersebut, hepatosit akan memproduksi dan melepaskan CRP ke dalam aliran darah dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan kondisi normal. Proses pembentukan CRP berlangsung dengan cepat, sehingga peningkatan kadar CRP dapat mulai terdeteksi sekitar 6–8 jam setelah terjadinya rangsangan inflamasi dan biasanya mencapai kadar tertinggi dalam waktu 24–48 jam. Besarnya peningkatan kadar CRP dipengaruhi oleh tingkat keparahan peradangan, jumlah sitokin yang dilepaskan oleh sistem imun, serta kemampuan hati dalam menghasilkan protein fase akut (Bachtiar et al., 2024).

Regulasi sintesis CRP tidak hanya bersifat stimulatorik tetapi juga melibatkan mekanisme umpan balik negatif yang membatasi produksinya ketika proses inflamasi mulai mereda. Penurunan kadar sitokin proinflamasi seiring dengan perbaikan kondisi klinis akan secara otomatis menurunkan sinyal transkripsi gen CRP di hepatosit. Akibatnya, produksi CRP berkurang dan kadarnya dalam sirkulasi akan menurun mengikuti waktu paruh biologisnya yang singkat. Pemantauan serial kadar CRP selama perjalanan penyakit oleh karena itu memiliki nilai klinis yang lebih besar dibandingkan pemeriksaan tunggal, karena dapat memberikan gambaran dinamis mengenai perkembangan proses inflamasi dan respons tubuh terhadap terapi (Aipassa et al., 2025).

2.4.3 Pengertian Pemeriksaan CRP

Pemeriksaan C-Reactive Protein (CRP) merupakan salah satu pemeriksaan laboratorium yang paling banyak diminta secara global, mencerminkan betapa pentingnya peran CRP sebagai biomarker inflamasi dalam praktik klinis modern. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengukur konsentrasi CRP dalam sampel darah pasien, umumnya menggunakan serum atau plasma sebagai material pemeriksaan. Sebagai pemeriksaan penunjang, CRP digunakan untuk mendeteksi adanya proses inflamasi aktif, membantu diagnosis infeksi bakteri atau virus, memantau perkembangan penyakit, serta mengevaluasi respons terhadap terapi yang diberikan. Keunggulan utama pemeriksaan ini terletak pada kemampuannya memberikan hasil yang cepat, reproducible, dan korelatif terhadap kondisi klinis pasien (Juraijin & Rahmayani, 2025).

Dalam praktik laboratorium klinik, pemeriksaan CRP termasuk dalam kelompok pemeriksaan protein fase akut yang dilakukan sebagai bagian dari evaluasi pasien dengan kecurigaan infeksi atau inflamasi. Indikasi pemeriksaan CRP mencakup pasien dengan demam tanpa sumber yang jelas, kecurigaan sepsis, infeksi saluran pernapasan, penyakit autoimun, serta pemantauan pascaoperasi dan paska-trauma. Pada pasien anak dengan bronkitis, pemeriksaan CRP membantu menggambarkan respons inflamasi yang terjadi di saluran pernapasan dan dapat menjadi dasar pertimbangan pemberian terapi antibiotik atau antivirus (Amita et al., 2025).

Pemeriksaan CRP juga memiliki peran penting dalam pemantauan jangka panjang pasien dengan penyakit kronis yang disertai komponen inflamasi, seperti penyakit jantung koroner, diabetes melitus, dan penyakit

autoimun. Dalam konteks ini, metode hs-CRP lebih diutamakan karena kemampuannya mendeteksi perubahan kadar CRP dalam rentang yang sangat rendah yang tidak tertangkap oleh metode konvensional. Pemantauan kadar CRP secara berkala pada pasien-pasien tersebut memungkinkan klinisi untuk menilai aktivitas penyakit, mengidentifikasi eksaserbasi dini, dan menyesuaikan regimen terapi secara lebih tepat waktu. Dengan demikian, pemeriksaan CRP tidak hanya bernilai dalam konteks penyakit akut tetapi juga dalam manajemen komprehensif penyakit kronis (Utami et al., 2025).

Secara operasional, pemeriksaan CRP dilakukan di laboratorium klinik dengan menggunakan berbagai platform otomatis yang memungkinkan pemrosesan sampel dalam jumlah besar secara efisien. Sampel darah vena diambil, disentrifugasi untuk mendapatkan serum atau plasma, kemudian diproses menggunakan analizator otomatis dengan reagen khusus anti-CRP. Hasil pemeriksaan umumnya dapat diperoleh dalam waktu 30–60 menit, menjadikan CRP sebagai pemeriksaan yang sangat responsif terhadap kebutuhan klinis yang mendesak. Kecepatan turnaround time ini, dikombinasikan dengan biaya pemeriksaan yang relatif terjangkau, menjadikan CRP sebagai pilihan utama di berbagai tingkatan fasilitas kesehatan, mulai dari puskesmas hingga rumah sakit rujukan tersier (Plebani, 2023).

2.4.4 Prinsip Pemeriksaan CRP

Pemeriksaan C-Reactive Protein (CRP) dengan metode Fluorescence Immunoassay (FIA) dilakukan berdasarkan reaksi spesifik antara antigen CRP yang terdapat dalam sampel darah dengan antibodi monoklonal anti-CRP yang telah diberi penanda fluoresen. Antigen CRP akan berikatan dengan antibodi

tersebut sehingga membentuk kompleks imun. Selanjutnya, kompleks imun akan bergerak melalui membran uji dan ditangkap oleh antibodi penangkap. Sehingga membentuk kompleks sandwich immunoassay. Proses ini menjadi dasar untuk mendeteksi keberadaan serta mengukur kadar CRP dalam sampel secara spesifik (Nurhidayanti, 2023).

Setelah sampel dimasukkan ke dalam cartridge, antigen CRP akan berikatan dengan antibodi berlabel fluoresen membentuk kompleks antigen–antibodi. Kompleks tersebut kemudian bermigrasi melalui membran nitroselulosa secara kromatografi dan ditangkap oleh antibodi penangkap (*capture antibody*) pada daerah uji. Intensitas sinyal fluoresensi yang terbentuk akan dibaca oleh sistem optik pada analyzer, kemudian dibandingkan dengan kurva kalibrasi yang telah tersimpan sehingga diperoleh konsentrasi CRP dalam satuan mg/L. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan untuk membantu diagnosis dan pemantauan penyakit inflamasi, termasuk bronkitis pada anak, karena peningkatan kadar CRP mencerminkan adanya respons inflamasi akut di dalam tubuh (Helniasari et al., 2022).

2.4.5 Hubungan Bronkitis Dengan Kadar CRP

Bronkitis yang disebabkan oleh agen infeksi maupun paparan iritan noninfeksi akan menimbulkan respons inflamasi pada mukosa bronkus yang kemudian berdampak pada peningkatan kadar penanda inflamasi sistemik dalam darah, termasuk CRP (Mustofa et al., 2023). Bronkitis menyebabkan peradangan pada mukosa bronkus yang memicu pelepasan sitokin proinflamasi. Respons inflamasi tersebut merangsang hati untuk menghasilkan C-Reactive Protein (CRP) sebagai protein fase akut, sehingga kadar CRP

dalam darah meningkat. Semakin berat proses inflamasi yang terjadi, semakin tinggi kadar CRP yang dapat ditemukan. Oleh karena itu, pemeriksaan CRP dapat digunakan sebagai penanda inflamasi pada pasien bronkitis untuk membantu menilai tingkat keparahan penyakit, mendukung diagnosis, serta memantau respons terhadap terapi. Namun, hasil pemeriksaan CRP tidak bersifat spesifik untuk bronkitis sehingga tetap harus diinterpretasikan bersama gejala klinis dan pemeriksaan penunjang lainnya (Indriani et al., 2024).

Peningkatan kadar C-Reactive Protein (CRP) pada bronkitis memiliki nilai klinis yang bermakna sebagai indikator adanya proses inflamasi aktif di saluran pernapasan (Nela et al., 2025). C-Reactive Protein (CRP) tidak hanya berfungsi sebagai penanda adanya peradangan, tetapi juga membantu sistem kekebalan tubuh dalam melawan infeksi. CRP mempermudah sel-sel imun, seperti makrofag dan neutrofil, untuk mengenali dan menghancurkan mikroorganisme penyebab infeksi serta membantu mengaktifkan sistem komplemen yang berperan dalam proses pertahanan tubuh terhadap patogen. (Yuliana et al., 2024). Dengan demikian, pemantauan kadar CRP selama perjalanan penyakit bronkitis dapat memberikan gambaran mengenai dinamika respons inflamasi. Penurunan kadar CRP secara konsisten umumnya menunjukkan berkurangnya proses inflamasi dan perbaikan klinis, sedangkan kadar yang tetap tinggi atau kembali meningkat dapat mengindikasikan inflamasi yang masih berlangsung, komplikasi, atau respons terapi yang belum optimal (Marrena et al., 2023).

Dalam praktik laboratorium klinik, pemeriksaan CRP pada pasien anak dengan bronkitis memberikan kontribusi yang bermakna sebagai penunjang

diagnosis dan evaluasi kondisi inflamasi secara objektif. Hasil pemeriksaan CRP yang meningkat pada pasien anak dengan bronkitis dapat membantu klinisi dalam menilai keparahan penyakit, mempertimbangkan pemberian terapi yang tepat, serta memantau perkembangan respons pengobatan secara berkala. Oleh karena itu, pemeriksaan CRP menjadi bagian penting dari panel pemeriksaan laboratorium pada pasien anak dengan bronkitis sebagai upaya optimalisasi tatalaksana penyakit (Shari, 2024).