

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Pneumonia

2.1.1 Definisi Pneumonia

Pneumonia merupakan penyakit infeksi akut yang menyerang jaringan paru, terutama alveoli dan parenkim paru, sehingga menyebabkan terjadinya proses peradangan yang mengganggu pertukaran oksigen di dalam paru-paru. Menurut (Nickontara et al., 2024) Pneumonia adalah infeksi akut pada parenkim paru distal bronkiolus terminalis yang melibatkan bronkiolus respiratorius dan alveoli sehingga menimbulkan konsolidasi jaringan paru dan gangguan pertukaran gas setempat. Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai mikroorganisme seperti bakteri, virus, maupun jamur, dan umumnya ditandai dengan gejala batuk, demam, sesak napas, serta peningkatan frekuensi pernapasan. Pneumonia menjadi salah satu masalah kesehatan yang serius karena dapat menyebabkan komplikasi berat hingga kematian apabila tidak ditangani secara cepat dan tepat.

Selain itu, (Kurniati et al., 2025) menjelaskan bahwa Pneumonia merupakan peradangan paru akibat infeksi akut yang umumnya disebabkan oleh bakteri dan virus serta dapat menular melalui udara. Pada penderita Pneumonia, alveoli dapat terisi cairan atau eksudat inflamasi sehingga fungsi paru dalam proses respirasi menjadi terganggu. Penyakit ini lebih berisiko terjadi pada kelompok rentan seperti balita, lansia, serta individu dengan sistem imun yang menurun.

diagnosis dini dan penanganan yang adekuat sangat diperlukan untuk menurunkan angka kesakitan dan kematian akibat Pneumonia.

2.1.2 Klasifikasi Pneumonia

Pneumonia dapat diklasifikasikan berdasarkan tempat terjadinya infeksi, penyebab, serta kondisi klinis pasien. Berdasarkan tempat terjadinya infeksi, pneumonia dibedakan menjadi pneumonia komunitas atau *community acquired pneumonia* (CAP) dan pneumonia nosokomial atau *hospital acquired pneumonia* (HAP). CAP merupakan pneumonia yang diperoleh di luar rumah sakit atau muncul kurang dari 48 jam setelah pasien dirawat, sedangkan HAP terjadi setelah pasien menjalani perawatan di rumah sakit lebih dari 48 jam dan umumnya disebabkan oleh bakteri yang lebih resisten terhadap antibiotik. Selain itu, terdapat juga *ventilator associated pneumonia* (VAP), yaitu pneumonia yang muncul pada pasien yang menggunakan ventilator mekanik selama lebih dari 48 jam. Klasifikasi ini penting karena setiap jenis pneumonia memiliki perbedaan dalam faktor risiko, jenis bakteri penyebab, serta penatalaksanaan terapinya (Luthfiani et al., 2025).

Selain berdasarkan tempat infeksi, pneumonia juga dapat diklasifikasikan berdasarkan penyebabnya menjadi Pneumonia bakteri, virus, jamur, dan aspirasi. Pneumonia bakteri sering disebabkan oleh *Streptococcus pneumoniae*, sedangkan pneumonia virus dapat disebabkan oleh virus influenza maupun COVID-19. pneumonia jamur umumnya terjadi pada pasien dengan sistem imun yang menurun, sementara pneumonia aspirasi terjadi akibat masuknya cairan atau benda

asing ke saluran pernapasan. Dalam perkembangannya, klasifikasi Pneumonia juga dilakukan melalui pemeriksaan radiologi seperti citra X-ray dada untuk membedakan jenis pneumonia normal, Pneumonia virus, dan pneumonia COVID-19. Klasifikasi pneumonia sangat diperlukan untuk membantu proses diagnosis dan menentukan terapi yang tepat sehingga dapat menurunkan risiko komplikasi dan kematian pada pasien (Handy et al., 2024).

2.1.3 Patofisiologi Pneumonia

Patofisiologi pneumonia dimulai ketika mikroorganisme seperti bakteri, virus, atau jamur masuk ke saluran pernapasan bagian bawah dan berhasil melewati mekanisme pertahanan tubuh. Infeksi tersebut menyebabkan terjadinya respons inflamasi pada alveoli dan jaringan interstisial paru sehingga alveoli terisi cairan, eksudat, dan sel-sel radang yang mengakibatkan gangguan pertukaran oksigen. menjelaskan bahwa proses inflamasi pada pneumonia menyebabkan konsolidasi paru akibat akumulasi cairan dan infiltrasi sel inflamasi di alveoli sehingga fungsi ventilasi paru menjadi terganggu. Kondisi ini menimbulkan gejala seperti demam, batuk produktif, sesak napas, nyeri dada, hingga penurunan saturasi oksigen. Apabila proses inflamasi berlangsung berat, maka dapat terjadi hipoksia, gagal napas, bahkan komplikasi sistemik yang meningkatkan risiko mortalitas pada pasien Pneumonia (Lubis et al., 2025).

Selain itu, (Kirana et al., 2024) menjelaskan bahwa pada pneumonia aspirasi, patofisiologi terjadi akibat masuknya cairan,

makanan, atau benda asing ke saluran napas yang memicu inflamasi dan infeksi paru. Aspirasi dapat menyebabkan kerusakan epitel alveoli dan meningkatkan permeabilitas pembuluh darah paru sehingga terjadi edema alveolar dan gangguan difusi oksigen. Respon imun tubuh kemudian mengaktifkan neutrofil dan mediator inflamasi yang memperparah kerusakan jaringan paru. Akibatnya, paru mengalami penurunan elastisitas dan kapasitas ventilasi sehingga pasien mengalami gangguan pernapasan yang progresif. Pemahaman mengenai patofisiologi pneumonia sangat penting dalam menentukan diagnosis, terapi antibiotik, maupun penatalaksanaan suportif yang tepat untuk mencegah komplikasi lebih lanjut.

2.2 Etiologi Pneumonia

Pneumonia adalah penyakit infeksi yang menyerang jaringan paru-paru dan dapat disebabkan oleh berbagai jenis mikroorganisme, termasuk bakteri, virus, jamur, serta pada kasus tertentu oleh parasit. Penyebab Pneumonia dapat berbeda-beda pada setiap individu, tergantung pada faktor seperti usia, kondisi sistem kekebalan tubuh, adanya penyakit penyerta, lingkungan tempat terpapar infeksi, dan jenis pneumonia yang dialami. Pada kasus Pneumonia komunitas (*community-acquired pneumonia*), bakteri masih menjadi penyebab yang paling sering ditemukan, terutama *Streptococcus pneumoniae*, diikuti oleh *Klebsiella pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, serta bakteri atipikal seperti *Mycoplasma pneumoniae*. Selain itu, sejumlah virus saluran pernapasan, seperti virus influenza, *respiratory syncytial virus* (RSV), adenovirus, dan rhinovirus, juga diketahui

berkontribusi dalam terjadinya Pneumonia, baik sebagai penyebab tunggal maupun bersamaan dengan infeksi bakteri. Menunjukkan bahwa bakteri dan virus merupakan agen etiologi yang paling dominan pada kasus Pneumonia, dengan gambaran klinis yang dapat berbeda sesuai dengan jenis mikroorganisme penyebabnya. Identifikasi etiologi secara akurat sangat diperlukan untuk membantu pemilihan terapi yang tepat sehingga dapat meningkatkan efektivitas pengobatan dan memperbaiki luaran klinis pasien (Farida et al., 2023).

2.3 Bakteri Penyebab Pneumonia

2.3.1 *Streptococcus pneumoniae*

Streptococcus pneumoniae, yang sering disebut juga pneumokokus, merupakan bakteri gram positif berbentuk kokus (bulat sampai lanset) yang tersusun berpasangan (diplokokus) atau dalam rantai pendek. Bakteri ini merupakan flora normal pada saluran pernapasan bagian atas manusia, khususnya nasofaring, namun dalam kondisi tertentu dapat bersifat patogen dan menimbulkan berbagai penyakit infeksi, seperti pneumonia, otitis media, sinusitis, meningitis, dan bakteremia. *S. pneumoniae* termasuk golongan bakteri yang bersifat fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, tidak motil, serta memiliki kapsul polisakarida yang menjadi salah satu faktor virulensi utamanya (Thamer & Al-rawi, 2023). Selain itu, studi genomik oleh (Luthfiani et al., 2025) menegaskan bahwa *S. pneumoniae* tetap menjadi penyebab dominan pneumonia bakterial dan memiliki keragaman genetik yang luas pada populasi

Indonesia, yang dapat memengaruhi pola penyebaran penyakit serta respons terhadap terapi antibiotik.

Domain	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Bacillota (Firmicutes)</i>
Kelas	: <i>Bacili</i>
Ordo	: <i>Lactobacillales</i>
Famili	: <i>Streptococcaceae</i>
Genus	: <i>Streptococcus</i>
Spesies	: <i>Streptococcus pneumoniae</i> (Kartasasmita et al.,

2020)

a). Morfologi *Streptococcus pneumoniae*

1. Makroskopis

Ciri makroskopis lain yang khas adalah terbentuknya α -hemolisis, yaitu perubahan warna kehijauan di sekitar koloni pada media agar darah. Warna kehijauan tersebut merupakan karakteristik penting *S. pneumoniae* dan berkaitan dengan perubahan hemoglobin di sekitar koloni. Penelitian mengenai mekanisme α -hemolisis menunjukkan bahwa produksi hidrogen peroksida oleh *S. pneumoniae* berperan dalam terbentuknya zona kehijauan tersebut, sehingga secara visual koloni dapat dikelilingi area berwarna hijau atau hijau keabuan (Pericone et al., 2021). Selain itu, variasi produksi kapsul dapat menyebabkan perbedaan tampilan koloni, misalnya koloni yang lebih mukoid dibandingkan koloni nonmukoid. Oleh karena itu, karakteristik makroskopis seperti bentuk, ukuran, permukaan, warna koloni, perubahan bagian tengah koloni, serta α -hemolisis pada BAP dapat digunakan sebagai dasar dugaan awal *S. pneumoniae*, tetapi identifikasi tetap perlu dikonfirmasi menggunakan pemeriksaan lain

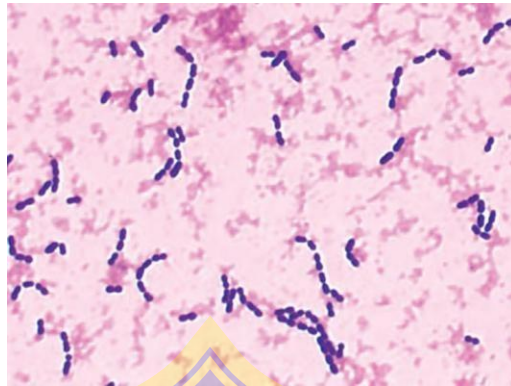
seperti pewarnaan Gram, uji katalase, sensitivitas optokin, atau uji kelarutan dalam empedu. (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Koloni bakteri *Streptococcus pneumoniae* pada media BAP (Biology et al., 2020).

2. Mikroskopis

Streptococcus pneumoniae merupakan bakteri Gram-positif yang berbentuk diplokokus menyerupai ujung tombak (lancet-shaped diplococci). Pada pewarnaan Gram, bakteri tampak berpasangan dengan ujung yang meruncing dan sisi luar yang membulat, berukuran sekitar 0,5–1,25 μm . Bakteri ini tidak membentuk spora dan tidak memiliki flagela sehingga bersifat nonmotil. Salah satu ciri mikroskopis terpenting adalah adanya kapsul polisakarida yang menyelubungi sel bakteri. Kapsul tersebut dapat diamati (Kartasmita et al., 2020). menggunakan pewarnaan kapsul atau reaksi Quellung dan berfungsi sebagai faktor virulensi utama yang melindungi bakteri dari fagositosis oleh sel imun inang. Menurut keberadaan kapsul menjadi dasar klasifikasi lebih dari 100 serotipe *S. pneumoniae* yang berperan penting dalam patogenesis penyakit pneumokokus dan pengembangan vaksin (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Pada Pewarnaan Gram *Streptococcus pneumoniae* (Aupaix et al., n.d.).

2.3.2 *Haemophilus Influenzae*

Haemophilus influenzae merupakan bakteri Gram-negatif yang secara mikroskopis berbentuk kokobasil (coccobacillus) berukuran kecil dan pendek. Pada pemeriksaan menggunakan pewarnaan Gram, bakteri tampak berwarna merah muda atau merah karena tidak mempertahankan kompleks kristal violet-iodin dan menyerap pewarna tandingan safranin. Bentuk *H. influenzae* dapat terlihat pleomorfik, yaitu memiliki variasi bentuk dan ukuran, serta dapat ditemukan secara tunggal, berpasangan, maupun dalam kelompok kecil. Karakteristik morfologi tersebut dapat membantu dalam identifikasi awal, tetapi tidak cukup untuk memastikan spesies sehingga diperlukan pemeriksaan lanjutan. (Itoh et al., 2023) menunjukkan bahwa identifikasi *H. influenzae* melalui pewarnaan Gram dapat mengalami perbedaan gambaran antara spesimen sputum dan kultur darah, sehingga pemeriksaan mikroskopis perlu dikombinasikan dengan pemeriksaan mikrobiologi lainnya.

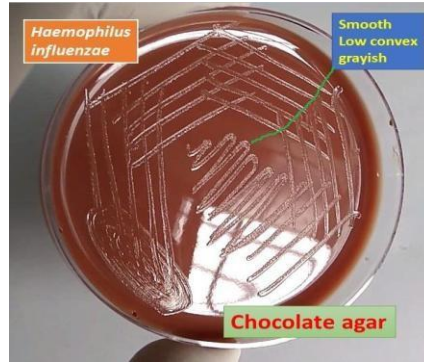
Domain : *Bacteria*

Filum : *Proteobacteria (Pseudomonadota)*
 Kelas : *Gammaproteobacteria*
 Ordo : *Pasteurellales*
 Famili : *Pasteurellaceae*
 Genus : *Haemophilus*
 Spesies : *Haemophilus influenzae* (Putri et al., 2023)

a). Morfologi *Haemophilus influenzae*

1. Makroskopis

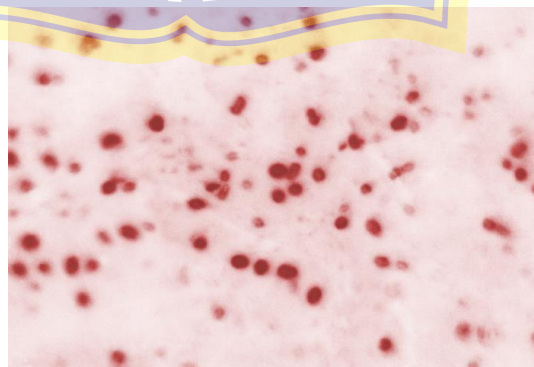
Haemophilus influenzae merupakan bakteri yang dapat tumbuh pada media yang diperkaya faktor pertumbuhan, terutama chocolate agar. Koloni umumnya tampak kecil, bulat, halus, berwarna abu-abu hingga keabuan, tidak berpigmen, dan memiliki permukaan yang lembap atau mengkilap. Pada media chocolate agar, koloni *H. influenzae* dapat terlihat setelah inkubasi sekitar 18–24 jam pada suhu 35–37°C dengan atmosfer yang mengandung 5% CO₂. Karakteristik pertumbuhan tersebut berkaitan dengan sifat bakteri yang membutuhkan faktor X (hemin) dan V (NAD) untuk pertumbuhannya. Krisna et al. (2024) melaporkan bahwa isolat *H. influenzae* yang diperoleh dari rumah sakit tersier di Surabaya menunjukkan pertumbuhan pada supplemented chocolate agar, dengan karakteristik koloni opaque hingga abu-abu dan bertekstur creamy. Identifikasi kemudian dikonfirmasi melalui pemeriksaan mikroskopis, uji kebutuhan faktor X dan V, serta pemeriksaan molekuler. Temuan tersebut dapat menjadi sumber yang relevan untuk menjelaskan karakteristik makroskopis *H. influenzae*, khususnya karena penelitian dilakukan di Indonesia. (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Koloni Bakteri *Haemophilus Influenzae* Pada Media CAP (Krisna et al., 2024).

2. Mikroskopis

Haemophilus influenzae merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk kokobasil (coccobacillus) dengan morfologi pleomorfik, yaitu dapat menunjukkan variasi bentuk dan ukuran. Pada pemeriksaan pewarnaan Gram, bakteri tampak sebagai kokobasil Gram-negatif yang berukuran kecil. Dalam penelitian (Safari et al., 2020) di Jakarta, seluruh isolat *H. influenzae* yang diperoleh menunjukkan karakteristik Gram-negatif berbentuk kokobasil. Identifikasi isolat dilakukan melalui pewarnaan Gram, uji oksidase, serta pemeriksaan ketergantungan terhadap faktor X dan V, kemudian dikonfirmasi menggunakan MALDI-TOF MS dan PCR. (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Pada Pewarnaan Gram *Haemophilus Influenzae* (Ghallab et al., 2024).

2.3.3 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram-positif berbentuk kokus yang tersusun menyerupai gerombolan anggur (grape-like clusters) dan termasuk salah satu patogen oportunistik terpenting pada manusia. Bakteri ini dapat ditemukan sebagai flora normal pada kulit dan mukosa, terutama rongga hidung, tetapi juga mampu menyebabkan berbagai infeksi mulai dari infeksi kulit ringan hingga penyakit invasif yang mengancam jiwa seperti Pneumonia, sepsis, endokarditis, osteomielitis, dan meningitis. Kemampuan *S. aureus* untuk beradaptasi pada berbagai lingkungan inang menjadikannya salah satu bakteri dengan tingkat virulensi tinggi dan penyebab utama infeksi nosokomial maupun komunitas.

(Andayani et al., 2023), *Staphylococcus aureus* masih menjadi salah satu bakteri yang ditemukan pada pasien Pneumonia terkait ventilator (ventilator-associated Pneumonia / VAP) di Indonesia. Keberadaan bakteri ini menunjukkan bahwa *S. aureus* tetap berperan sebagai patogen respiratori yang penting, khususnya pada pasien yang dirawat di ruang perawatan intensif. Penelitian tersebut menegaskan bahwa identifikasi dini bakteri penyebab Pneumonia diperlukan untuk menentukan terapi antibiotik yang tepat dan mencegah peningkatan resistensi antimikroba.

Domain: *Bacteria*
 Filum : *Bacillota (Firmicutes)*
 Kelas : *Bacilli*
 Ordo : *Bacillales*
 Famili : *Staphylococcaceae*

Genus : *Staphylococcus*

Spesies : *Staphylococcus aureus* (Fitrandi et al., 2023)

a). Morfologi *Staphylococcus aureus*

1. Makroskopis

Staphylococcus aureus merupakan bakteri yang secara makroskopis menghasilkan koloni dengan karakteristik khas pada media agar darah (*blood agar*). Menurut (Nurhidayanti & Sari, 2022), koloni *S. aureus* pada media agar darah berbentuk bulat (*circular*), permukaan halus (*smooth*), cembung (*convex*), berwarna putih krem hingga kuning keemasan, serta memiliki diameter sekitar 2–2,5 mm setelah inkubasi 24 jam pada suhu 35–37°C. Selain itu, koloni sering menunjukkan zona hemolisis β (beta hemolysis) yang tampak sebagai daerah jernih di sekitar koloni akibat kemampuan bakteri melisis eritrosit. Karakteristik ini menjadi salah satu dasar identifikasi awal *S. aureus* di laboratorium mikrobiologi (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Koloni bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Media BAP (Darah & Sebagai, n.d.)

2. Mikroskopis

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram-positif berbentuk kokus (bulat) yang tersusun tidak teratur menyerupai gerombolan buah anggur (grape-like clusters). Karakteristik ini terjadi karena pembelahan sel berlangsung pada beberapa bidang yang berbeda, sehingga sel-sel bakteri tetap melekat satu sama lain setelah proses pembelahan. Pada pewarnaan Gram, *S. aureus* tampak berwarna ungu akibat kandungan peptidoglikan yang tebal pada dinding selnya. (Fitrandi et al., 2023) menjelaskan bahwa identifikasi *S. aureus* dalam penelitian isolat MRSA di Yogyakarta dilakukan melalui pengamatan morfologi mikroskopis, kultur, dan uji biokimia, yang menunjukkan karakteristik khas bakteri Gram-positif berbentuk kokus (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 Pada pewarnaan Gram *Staphylococcus aureus*
(Abebe et al., n.d.)

2.4.3 *Klebsiella pneumoniae*

Klebsiella pneumoniae merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk basil pendek yang termasuk anggota famili Enterobacteriaceae dan dikenal sebagai salah satu penyebab utama infeksi nosokomial maupun infeksi komunitas. Bakteri ini secara normal dapat ditemukan pada saluran pencernaan manusia sebagai flora

komensal, tetapi pada kondisi tertentu dapat berubah menjadi patogen oportunistik yang menyebabkan Pneumonia, infeksi saluran kemih, bakteremia, sepsis, abses hati, dan berbagai infeksi invasif lainnya. Kemampuan *K. pneumoniae* untuk membentuk kapsul polisakarida yang tebal menjadikannya lebih mampu menghindari fagositosis dan meningkatkan virulensi bakteri dalam tubuh inang.(Arikandini et al., 2024)

Dalam kasus Pneumonia, *K. pneumoniae* dikenal sebagai salah satu penyebab penting Pneumonia komunitas maupun Pneumonia nosokomial. (Chen et al., 2022) melaporkan bahwa Pneumonia bakteremik yang disebabkan oleh *K. pneumoniae* memiliki tingkat mortalitas yang tinggi, terutama pada pasien dengan penyakit penyerta dan gangguan imunitas. Infeksi paru akibat bakteri ini sering ditandai dengan proses inflamasi yang berat, nekrosis jaringan paru, serta produksi sputum kental yang khas akibat keberadaan kapsul polisakarida dalam jumlah besar.

Domain : *Bacteria*
 Filum : *Pseudomonadota (Proteobacteria)*
 Kelas : *Gammaproteobacteria*
 Ordo : *Enterobacterales*
 Famili : *Enterobacteriaceae*
 Genus : *Klebsiella*
 Spesies : *Klebsiella pneumoniae* menurut
 (Aminah et al., 2024)

a). Morfologi *Klebsiella pneumoniae*

1. Makroskopis

Klebsiella pneumoniae dapat tumbuh pada berbagai media kultur, salah satunya Blood Agar (BA) dan MacConkey Agar (MCA).

Pada media Blood Agar, koloni *K. pneumoniae* setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C tampak berbentuk bulat, berwarna putih keabuan, memiliki permukaan licin, tepi licin, elevasi cembung, serta berukuran sekitar 2–5 mm. Koloni umumnya tidak menunjukkan zona hemolisis yang jelas. Karakteristik koloni tersebut dapat digunakan sebagai gambaran awal dalam identifikasi *K. pneumoniae* dari spesimen klinis.

Pada media MacConkey Agar, *K. pneumoniae* menghasilkan koloni yang tampak berwarna merah muda dan mukoid/licin, karena bakteri mampu memfermentasi laktosa. Sifat mukoid merupakan karakteristik yang berkaitan dengan produksi kapsul polisakarida pada *K. pneumoniae*. Dalam penelitian (Suhartono et al., 2024), isolat *K. pneumoniae* diperoleh dari spesimen sputum pasien di RSUD dr. Zainoel Abidin, Banda Aceh, sehingga sumber ini relevan untuk pembahasan bakteri penyebab infeksi saluran pernapasan (Gambar 2.7)



Gambar 2.7 Koloni bakteri *Klebsiella pneumoniae* Pada Media BAP (Aminah et al., 2024)

2. Mikroskopis

Klebsiella pneumoniae merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk batang pendek (basil/kokobasil) dengan ujung tumpul. Pada

pemeriksaan pewarnaan Gram, sel bakteri tampak berwarna merah muda atau merah dan dapat ditemukan dalam susunan tunggal, berpasangan, maupun membentuk rantai pendek. *K. pneumoniae* juga memiliki kapsul polisakarida yang dapat terlihat sebagai area bening di sekitar sel pada pemeriksaan tertentu. Karakteristik tersebut dapat digunakan sebagai dasar identifikasi awal, tetapi identifikasi spesies tetap perlu dikonfirmasi menggunakan pemeriksaan biokimia atau metode identifikasi lainnya.

Menurut penelitian yang dipublikasikan pada (He et al., 2022), hasil pewarnaan Gram menunjukkan *K. pneumoniae* sebagai basil Gram-negatif, dengan sel yang terlihat secara tunggal atau dalam rantai pendek pada pemeriksaan mikroskopis pembesaran 100×. (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Pada pewarnaan Gram *Klebsiella pneumoniae* (Suhartono et al., 2024)

2.3.5 *Pseudomonas Aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk batang (*bacillus*), aerob obligat, tidak membentuk spora, dan bersifat motil karena memiliki flagela polar. Bakteri ini dikenal sebagai patogen oportunistik yang dapat menyebabkan berbagai infeksi pada individu dengan maupun tanpa gangguan sistem imun. *P. aeruginosa*

banyak ditemukan di lingkungan, seperti tanah, air, peralatan medis, serta berbagai permukaan rumah sakit, sehingga menjadi salah satu penyebab utama infeksi nosokomial. Menurut (Ningsih, 2024).bakteri ini sering dikaitkan dengan infeksi saluran kemih terkait kateter, Pneumonia terkait ventilator (*ventilator-associated pneumonia*), bakteremia, infeksi luka bakar, serta infeksi pada pasien dengan imunitas rendah. Kemampuan adaptasi yang tinggi memungkinkan *P. aeruginosa* bertahan hidup pada lingkungan dengan nutrisi minimal dan kondisi yang tidak menguntungkan.

Domain	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Pseudomonadota (Proteobacteria)</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Pseudomonadales</i>
Famili	: <i>Pseudomonadaceae</i>
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Spesies	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Ningsih, 2024)

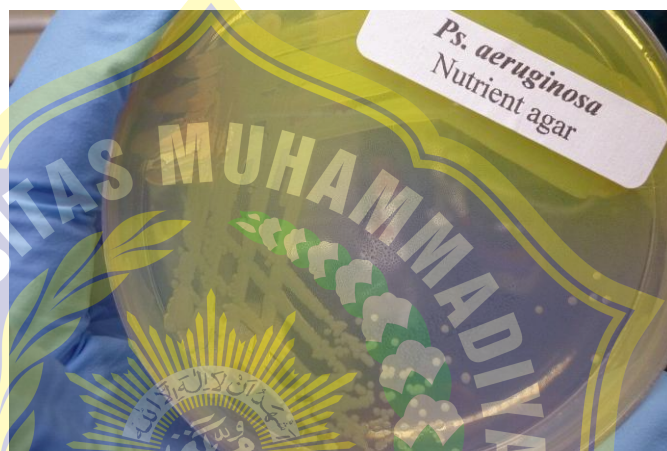
a). Morfologi *Pseudomonas aeruginosa*

1. Makroskopis

Pseudomonas aeruginosa dapat tumbuh pada Blood Agar Plate (BAP) dan MacConkey Agar. Pada media BAP, koloni umumnya tampak bulat hingga tidak beraturan, berukuran sedang sampai besar, permukaannya halus dan mengkilap, serta dapat menunjukkan hemolisis di sekitar koloni. Beberapa strain menghasilkan koloni mukoid. Pada MacConkey Agar, *P. aeruginosa* merupakan non-lactose fermenter, sehingga koloni umumnya tampak pucat atau tidak berwarna.

Salah satu karakteristik makroskopis yang cukup khas adalah kemampuan *P. aeruginosa* menghasilkan pigmen pyocyanin dan

pyoverdine. Pyocyanin memberikan warna biru kehijauan, sedangkan pyoverdine memberikan warna kehijauan atau fluoresen pada media. Namun, produksi pigmen dapat berbeda antarstrain sehingga tidak semua koloni selalu menunjukkan warna hijau atau biru-hijau yang jelas. Penelitian tahun 2024 juga menunjukkan adanya koloni *P. aeruginosa* yang menghasilkan pigmentasi biru-hijau pada media serta koloni mukoid pada Blood Agar.(Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Pada Koloni Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa* Media NA (Jamaluddin et al., 2024)

2. Mikroskopis

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk batang (basil) dengan ukuran relatif kecil. Pada pemeriksaan pewarnaan Gram, bakteri akan tampak berwarna merah muda hingga merah karena tidak mempertahankan kompleks kristal violet pada dinding selnya. Sel *P. aeruginosa* umumnya ditemukan secara tunggal, meskipun pada kondisi tertentu dapat terlihat berpasangan. Gambaran basil Gram-negatif tersebut menjadi salah satu karakteristik awal dalam identifikasi bakteri sebelum dilakukan pemeriksaan biokimia atau metode identifikasi lainnya. Penelitian laboratorium tahun 2025 juga menunjukkan bahwa *P. aeruginosa* pada pewarnaan Gram tampak

sebagai batang Gram-negatif berwarna merah dengan pemeriksaan mikroskopis pembesaran 100×.

Dalam pemeriksaan spesimen klinis, karakteristik mikroskopis *P. aeruginosa* dapat dikombinasikan dengan karakteristik kultur untuk membantu identifikasi. Bakteri ini termasuk kelompok Gram-negatif yang bersifat non-fermentatif dan dapat ditemukan pada spesimen saluran pernapasan, termasuk sputum. Penelitian (Amrullah & Syahri, 2025), berhasil mengidentifikasi *P. aeruginosa* dari sampel sputum manusia menggunakan MALDI-TOF MS, sehingga pemeriksaan mikroskopis dan kultur dapat menjadi tahap awal sebelum dilakukan identifikasi menggunakan metode yang lebih spesifik. (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Pada pewarnaan Gram *Pseudomonas Aeruginosa*
(Jurnal Medika Udayana, 2021)

2.3.6 *Mycoplasma pneumoniae*

Mycoplasma pneumoniae merupakan salah satu bakteri atipikal yang berperan sebagai penyebab Pneumonia komunitas (*community-acquired pneumonia*), terutama pada kelompok anak usia sekolah, remaja, dan dewasa muda. Karakteristik utama bakteri ini adalah tidak memiliki dinding sel, sehingga secara alami tidak sensitif terhadap antibiotik

golongan β -laktam, seperti penisilin dan sefalosporin. Selain itu, *M. pneumoniae* memiliki ukuran yang sangat kecil dengan membran sel yang mengandung sterol sebagai pembatas terluarnya, sehingga mampu bertahan dan berkolonisasi pada epitel saluran pernapasan. Penularannya berlangsung melalui percikan droplet dari saluran napas penderita dan lebih mudah terjadi pada lingkungan dengan kontak erat, seperti sekolah, asrama, maupun dalam lingkup keluarga. Manifestasi klinis infeksi umumnya berupa demam, batuk kering yang menetap, nyeri tenggorokan, rasa lemas (malaise), serta Pneumonia atipikal yang berkembang secara bertahap. Pada kondisi tertentu, infeksi ini juga dapat menimbulkan komplikasi di luar sistem pernapasan, seperti gangguan neurologis, kardiovaskular, dermatologis, dan hematologis yang dipicu oleh respons imun tubuh yang berlebihan (Kusuma Wardani, 2024).

Domain : *Bacteria*
 Filum : *Mycoplasmata*
 Kelas : *Mollicutes*
 Ordo : *Mycoplasmatales*
 Famili : *Mycoplasmataceae*
 Genus : *Mycoplasma*
 Spesies : *Mycoplasma pneumoniae* . (Georgakopoulou et al., 2024)

a). Morfologi *Mycoplasma pneumoniae*

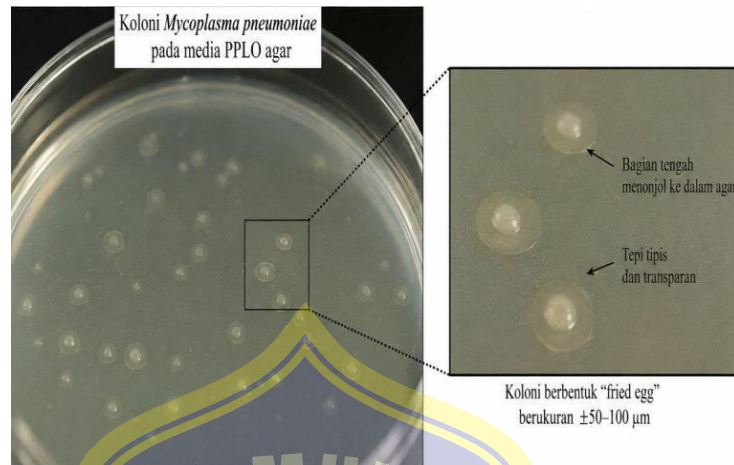
1. Makroskopis

Mycoplasma pneumoniae menunjukkan morfologi koloni yang khas apabila ditumbuhkan pada media kultur khusus yang diperkaya sterol, seperti media PPLO (*Pleuropneumonia-Like Organism*) agar. Koloni bakteri ini berukuran sangat kecil, berkisar antara 50–100 μm , sehingga pengamatannya umumnya memerlukan bantuan mikroskop

stereo. Secara makroskopis, koloni memiliki bentuk menyerupai telur mata sapi (*fried egg appearance*), yang ditandai dengan bagian tengah koloni lebih padat dan menonjol ke dalam media agar, sedangkan bagian tepinya tampak lebih tipis, datar, dan transparan. Bentuk khas tersebut terjadi karena pertumbuhan sel pada bagian sentral menembus permukaan media, sementara pertumbuhan di bagian perifer menyebar pada permukaan agar. Morfologi koloni ini menjadi salah satu ciri diagnostik awal yang penting dalam identifikasi *M. pneumoniae* di laboratorium mikrobiologi, meskipun penegakan diagnosis yang lebih akurat tetap memerlukan pemeriksaan lanjutan menggunakan metode molekuler maupun serologi (Kusuma Wardani, 2024).

Pertumbuhan koloni *Mycoplasma pneumoniae* berlangsung relatif lambat dibandingkan bakteri patogen lainnya, yaitu memerlukan waktu sekitar 2–3 minggu untuk menghasilkan koloni yang dapat diamati dengan jelas. Selain ukurannya yang sangat kecil, koloni tampak halus, bulat, dan berwarna bening hingga keabu-abuan sehingga sering kali memerlukan pembesaran mikroskop untuk evaluasi makroskopis. Kondisi tersebut disebabkan oleh sifat biologis *M. pneumoniae* yang tidak memiliki dinding sel dan memiliki kebutuhan nutrisi yang kompleks, sehingga memerlukan media kultur khusus yang diperkaya kolesterol dan faktor pertumbuhan lainnya. Karena proses kultur memerlukan waktu yang lama dan sensitivitasnya relatif rendah, diagnosis infeksi *M. pneumoniae* pada praktik klinis saat ini lebih sering menggunakan metode *polymerase chain reaction* (PCR) atau

pemeriksaan serologi dibandingkan kultur konvensional (Kusuma Wardani, 2024)(Gambar 2.11).

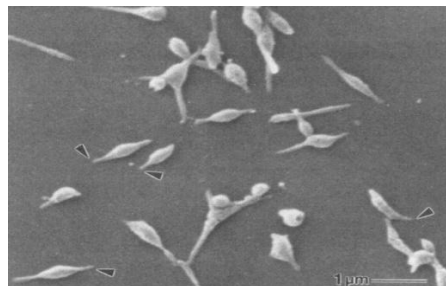


Gambar 2.11 Koloni Pada Bakteri *Mycoplasma pneumoniae* pada media PPLO (Kusuma Wardani, 2024)

2. Mikroskopis

Mycoplasma pneumoniae merupakan bakteri prokariotik yang sangat kecil dengan ukuran sekitar 0,1–0,3 µm dan termasuk kelompok bakteri tanpa dinding sel (*cell wall-less bacteria*). Tidak adanya dinding sel menyebabkan bentuk bakteri ini bersifat pleomorfik (bervariasi), sehingga dapat tampak bulat, filamen pendek, atau berbentuk memanjang ketika diamati menggunakan mikroskop elektron. Struktur selnya hanya dibatasi oleh membran plasma tiga lapis yang mengandung sterol, suatu karakteristik yang membedakannya dari sebagian besar bakteri lainnya. Menurut (Rowlands et al., 2024). ketiadaan peptidoglikan pada dinding sel menjadikan *M. pneumoniae* tidak dapat diwarnai secara optimal dengan pewarnaan Gram dan memberikan resistensi alami terhadap antibiotik golongan β-laktam. Selain itu, bakteri ini memiliki organel adhesi khusus (*attachment organelle*) pada salah

satu ujung sel yang berfungsi untuk melekat kuat pada epitel saluran pernapasan manusia (Gambar 2.12).



Gambar 2.12 *Mycoplasma pneumoniae* pada pewarnaan Gram (Rowlands et al., 2024)

2.4 Patogenesis pneumonia

Patogenesis Pneumonia dimulai ketika mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, atau jamur berhasil memasuki saluran pernapasan bagian bawah melalui aspirasi sekret orofaring, inhalasi droplet infeksius, atau penyebaran hematogen. Pada kondisi normal, paru memiliki mekanisme pertahanan berupa mukosiliar, refleks batuk, serta aktivitas makrofag alveolar yang mampu mencegah kolonisasi mikroorganisme. Namun, apabila jumlah patogen yang masuk melebihi kapasitas pertahanan tubuh atau terjadi penurunan imunitas, mikroorganisme akan berkolonisasi dan berkembang biak di alveolus. Keberadaan patogen ini akan dikenali oleh sel imun bawaan sehingga memicu pelepasan mediator inflamasi seperti interleukin (IL)-1, IL-6, dan tumor necrosis factor- α (TNF- α). Respons inflamasi tersebut menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler paru sehingga cairan, protein plasma, dan sel-sel radang masuk ke dalam alveoli yang mengakibatkan terbentuknya eksudat serta gangguan pertukaran gas. Kondisi ini menjadi dasar munculnya

gejala klinis berupa demam, batuk, sesak napas, dan hipoksemia pada penderita pneumonia (Farida et al., 2023).

Selanjutnya, proses inflamasi yang berlanjut menyebabkan konsolidasi jaringan paru akibat penumpukan neutrofil, fibrin, debris seluler, dan mikroorganisme di ruang alveolar. Pada pneumonia bakterial, infiltrasi neutrofil umumnya lebih dominan sehingga menghasilkan eksudat purulen, sedangkan pada pneumonia viral lebih banyak ditemukan infiltrasi limfosit dan kerusakan interstisial paru. Kerusakan epitel alveolus dan endotel kapiler dapat menyebabkan ketidakseimbangan ventilasi-perfusi yang berujung pada penurunan oksigenasi darah. Apabila respons inflamasi berlangsung berlebihan, dapat terjadi penyebaran inflamasi sistemik yang meningkatkan risiko sepsis, gagal napas akut, hingga kematian. Berat-ringannya pneumonia tidak hanya ditentukan oleh virulensi mikroorganisme penyebab, tetapi juga dipengaruhi oleh status imun, usia, penyakit penyerta, dan kemampuan tubuh dalam mengendalikan respons inflamasi yang terjadi. Faktor Yang Mempengaruhi Jenis Bakteri (Farida et al., 2023) dan (Luthfiani et al., 2025).

2.5 Faktor yang mempengaruhi jenis bakteri

Faktor yang memengaruhi jenis bakteri penyebab Pneumonia sangat beragam, meliputi usia pasien, kondisi sistem imun, penyakit penyerta, penggunaan antibiotik sebelumnya, serta lingkungan perawatan pasien. (Singh et al., 2024) menjelaskan bahwa pada pasien Pneumonia berat di Indonesia, jenis bakteri yang paling sering ditemukan adalah *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, dan *Pseudomonas aeruginosa*.

Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan antibiotik yang tidak adekuat, lama rawat inap, serta penggunaan ventilator mekanik menjadi faktor utama yang memengaruhi munculnya bakteri resisten pada pasien pneumonia. Selain itu, pasien dengan penyakit komorbid seperti diabetes melitus, penyakit kardiovaskular, dan gangguan imun memiliki risiko lebih tinggi mengalami infeksi oleh bakteri Gram negatif yang bersifat multidrug resistant (MDR). Faktor-faktor tersebut menyebabkan variasi jenis bakteri pneumonia pada setiap pasien sehingga identifikasi mikroorganisme penyebab melalui pemeriksaan kultur sangat diperlukan untuk menentukan terapi antibiotik yang tepat (Singh et al., 2024).

Selain faktor klinis, karakteristik individu dan lingkungan juga memengaruhi jenis bakteri penyebab pneumonia. (Santoso et al., 2025) menyatakan bahwa usia lanjut, malnutrisi, penyakit pernapasan kronis, infeksi virus saluran napas, serta tirah baring yang lama dapat meningkatkan risiko terjadinya pneumonia dan memengaruhi kolonisasi bakteri pada paru. Pada pasien dengan daya tahan tubuh menurun, bakteri oportunistik seperti *Pseudomonas aeruginosa* dan *Acinetobacter baumannii* lebih mudah berkembang dan menyebabkan infeksi berat. Lingkungan rumah sakit yang kurang steril, kepadatan ruang perawatan, serta penggunaan alat medis invasif juga berkontribusi terhadap perubahan pola bakteri penyebab pneumonia, khususnya pada Pneumonia nosokomial. Pemahaman mengenai faktor-faktor yang memengaruhi jenis bakteri pneumonia sangat penting untuk membantu pencegahan, diagnosis, dan pemilihan terapi antimikroba yang efektif.

2.6 Diagnosis pneumonia

Diagnosis pneumonia ditegakkan melalui kombinasi anamnesis, pemeriksaan fisik, pemeriksaan laboratorium, dan pemeriksaan radiologi. Secara klinis, pasien umumnya datang dengan keluhan demam, batuk Dproduktif atau nonproduktif, sesak napas, nyeri dada pleuritik, serta ditemukan takipnea dan ronki pada auskultasi paru. Menurut (Lubis et al., 2024) diagnosis pneumonia tidak dapat ditegakkan hanya berdasarkan gejala klinis karena manifestasi penyakit sering tumpang tindih dengan infeksi saluran pernapasan lainnya. Dokter perlu mengombinasikan temuan klinis dengan pemeriksaan penunjang untuk meningkatkan akurasi diagnosis. Pemeriksaan laboratorium seperti hitung leukosit, C-reactive protein (CRP), prokalsitonin, serta pemeriksaan mikrobiologi sputum dapat membantu mengidentifikasi etiologi infeksi dan menentukan terapi yang tepat. Selain itu, perkembangan metode diagnostik molekuler dan *syndromic testing* memungkinkan deteksi patogen penyebab Pneumonia secara lebih cepat dibandingkan kultur konvensional yang memerlukan waktu beberapa hari (Dharmawan & Pusparini, 2025).

Pemeriksaan radiologi tetap menjadi komponen penting dalam diagnosis Pneumonia karena dapat menunjukkan adanya infiltrat atau konsolidasi paru yang merupakan karakteristik utama penyakit ini. Foto toraks (*chest X-ray*) masih menjadi modalitas yang paling sering digunakan untuk mengonfirmasi diagnosis, menilai luas lesi, serta memantau perkembangan penyakit. (Mulyadi et al., 2024) melaporkan bahwa gambaran radiologis pneumonia komunitas paling sering berupa

infiltrat dan konsolidasi pada satu atau lebih lobus paru. Selain itu, penggunaan ultrasonografi paru (*lung ultrasound*) semakin berkembang karena memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang baik dalam mendeteksi konsolidasi paru, efusi pleura, dan kelainan perifer paru tanpa paparan radiasi. *lung ultrasound* dapat menjadi alternatif atau pelengkap foto toraks terutama pada pasien anak, pasien kritis, dan kondisi dengan keterbatasan akses radiografi. Dengan demikian, diagnosis pneumonia yang akurat memerlukan integrasi antara gejala klinis, hasil laboratorium, identifikasi mikroorganisme, dan temuan pencitraan paru.

2.7 Pencegahan Pneumonia

Pencegahan Pneumonia dilakukan melalui pendekatan promotif, preventif, dan proteksi spesifik untuk mengurangi risiko terjadinya infeksi saluran pernapasan bawah. Salah satu upaya yang paling efektif adalah imunisasi, terutama vaksin pneumokokus (PCV), vaksin *Haemophilus influenzae* tipe b (Hib), dan vaksin influenza yang terbukti mampu menurunkan kejadian Pneumonia pada anak maupun kelompok rentan lainnya. Selain imunisasi, pemberian ASI eksklusif, pemenuhan gizi seimbang, perbaikan ventilasi rumah, pengurangan paparan asap rokok, serta penerapan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) merupakan langkah penting dalam mencegah terjadinya Pneumonia. Penelitian oleh (Sary et al., 2023) menunjukkan bahwa pengetahuan ibu, kondisi lingkungan fisik rumah, serta dukungan tenaga kesehatan memiliki hubungan yang signifikan dengan perilaku pencegahan Pneumonia pada balita. Semakin baik pengetahuan dan lingkungan

tempat tinggal, semakin tinggi pula keberhasilan tindakan pencegahan yang dilakukan keluarga.

Upaya pencegahan juga memerlukan keterlibatan aktif keluarga dan masyarakat melalui edukasi kesehatan yang berkelanjutan. Keluarga berperan dalam mengenali faktor risiko, menjaga kebersihan lingkungan, memastikan status imunisasi anak lengkap, serta segera mencari pertolongan medis apabila muncul gejala infeksi saluran pernapasan. Penelitian (Siregar et al., 2024) menemukan bahwa peran keluarga yang baik berkontribusi terhadap keberhasilan pencegahan pneumonia pada balita melalui praktik perawatan kesehatan yang tepat di rumah. Selain itu, program edukasi kesehatan masyarakat yang dilakukan oleh (Al Widad et al., 2025) menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan orang tua mengenai faktor risiko, tanda bahaya, dan cara pencegahan pneumonia dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dalam melindungi anak dari penyakit tersebut. Pencegahan pneumonia tidak hanya bergantung pada intervensi medis, tetapi juga pada perbaikan perilaku kesehatan, lingkungan yang sehat, dan edukasi yang berkesinambungan.

2.8 Diagnosis Pemeriksaan Laboratorium

Pemeriksaan laboratorium memiliki peranan yang sangat penting dalam penegakan diagnosis pneumonia karena dapat membantu mengenali mikroorganisme penyebab infeksi, mengevaluasi tingkat keparahan penyakit, serta menjadi dasar dalam menentukan terapi antimikroba yang sesuai. Salah satu metode yang umum digunakan adalah pemeriksaan pewarnaan Gram pada sputum yang memenuhi kriteria kualitas, karena mampu memberikan

informasi awal mengenai karakteristik bakteri penyebab infeksi sebelum hasil kultur tersedia. Di samping itu, kultur sputum masih dianggap sebagai standar emas dalam mengidentifikasi bakteri penyebab pneumonia sekaligus menentukan pola sensitivitasnya terhadap antibiotik, meskipun proses pemeriksaannya memerlukan waktu beberapa hari. (Rahayu et al., 2023) melaporkan bahwa validasi antara hasil pewarnaan Gram dan kultur sputum pada pasien pneumonia yang dirawat di ruang perawatan intensif berkontribusi terhadap peningkatan ketepatan diagnosis etiologi pneumonia serta mendukung penggunaan antibiotik yang lebih rasional. Kualitas spesimen sputum yang diperoleh sebelum dilakukan pemeriksaan laboratorium menjadi faktor penting yang sangat menentukan keakuratan hasil kultur dan keberhasilan identifikasi bakteri penyebab pneumonia.

Selain pemeriksaan mikrobiologi, penggunaan biomarker inflamasi memiliki peranan penting dalam penilaian pasien pneumonia. Beberapa parameter laboratorium yang sering digunakan meliputi C-reactive protein (CRP), prokalsitonin (PCT), jumlah leukosit, kadar laktat, dan albumin. Pemeriksaan tersebut bermanfaat untuk mengevaluasi respons inflamasi, menentukan tingkat keparahan infeksi, serta memperkirakan prognosis atau luaran klinis pasien. Penelitian yang diterbitkan dalam *Indonesia Journal of Chest Critical Emergency Medicine* menunjukkan bahwa peningkatan kadar prokalsitonin dan CRP berkaitan dengan durasi rawat inap yang lebih lama pada pasien *community-acquired pneumonia* derajat sedang hingga berat. Oleh karena itu, integrasi antara pemeriksaan mikrobiologi dan biomarker laboratorium dapat memberikan informasi diagnostik yang lebih

menyeluruh dibandingkan penggunaan salah satu metode saja, sehingga membantu meningkatkan ketepatan diagnosis serta mendukung pengambilan keputusan klinis dalam penatalaksanaan pasien pneumonia secara lebih efektif (Polii et al., 2024).

