

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pneumonia merupakan infeksi pada paru yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, virus, atau jamur yang ditandai dengan peradangan pada alveolus sehingga mengganggu proses pertukaran gas (World Health Organization, 2024). Pneumonia menjadi salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas secara global. *Global Burden of Disease* (GBD), memperkirakan sekitar 2,5 juta kematian secara global setiap tahunnya (GBD, 2023). Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) pada tahun 2023 menunjukkan prevalensi pneumonia mencapai 10,8% dengan peningkatan kejadian pada balita hingga tiga kali lipat dibandingkan tahun 2018, yang menunjukkan bahwa pneumonia masih menjadi masalah kesehatan yang signifikan baik secara global maupun nasional (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2024).

Pneumonia yang terjadi di lingkungan rumah sakit atau fasilitas pelayanan kesehatan dikenal sebagai pneumonia nosokomial dan memiliki tingkat infeksi yang lebih tinggi, terutama pada pasien di unit perawatan intensif (Al-Omari *et al.*, 2021). Pneumonia nosokomial dapat disebabkan oleh berbagai bakteri patogen, seperti *Klebsiella Pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, dan *Acinetobacter baumannii* (Zaragoza *et al.*, 2020). Berbagai patogen tersebut, *Acinetobacter baumannii* menjadi perhatian khusus karena patogen oportunistik nosokomial yang mampu bertahan di lingkungan rumah sakit dan memiliki kemampuan membentuk biofilm pada berbagai permukaan biotik maupun abiotik (Harding *et al.*, 2018). Biofilm yang terbentuk melindungi bakteri dari tekanan lingkungan dan paparan antibiotik, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan resistensi yang berkaitan erat dengan fenomena Resistensi Antimikroba (Antimicrobial Resistance/AMR).

Menurut *World Health Organization* (2025), *Antimicrobial Resistance* (AMR) terjadi ketika bakteri, virus, jamur, dan parasit tidak lagi merespons obat-obatan antimikroba sehingga menyebabkan kondisi pasien semakin memburuk,

meningkatkan risiko kematian, serta memperluas penyebaran infeksi yang sulit ditangani (WHO, 2025). Fenomena AMR berkontribusi terhadap 1,27 juta kematian secara langsung dan lebih dari 4,95 juta kematian terkait setiap tahunnya (Murray *et al.*, 2022). Beberapa bakteri patogen yang berkontribusi terhadap permasalahan AMR meliputi *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, Enterobacterales, *Staphylococcus aureus*, dan *Enterococcus faecium* (World Health Organization, 2024b). *Acinetobacter baumannii* banyak ditemukan di ruang *Intensive Care Unit* (ICU) di Indonesia, terutama pada pasien dengan pneumonia terkait ventilator (Putra *et al.*, 2025). Penelitian *Acinetobacter baumannii* di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dr. M. Djamil Padang menunjukkan bahwa lebih dari 80% isolat *Acinetobacter baumannii* resisten terhadap karbapenem, salah satu antibiotik yang sering digunakan untuk menangani infeksi bakteri (Alzaref *et al.*, 2021). Infeksi *Acinetobacter baumannii* menyebabkan berbagai risiko seperti kegagalan terapi akibat resistensi antibiotik berdampak dengan perpanjangan lama rawat inap, peningkatan penggunaan antibiotik spektrum luas serta peningkatan biaya pelayanan kesehatan (Yehya *et al.*, 2025). Risiko infeksi ini menyebabkan peningkatan beban ekonomi pasien dan rumah sakit serta memperburuk luaran klinis pasien pneumonia.

Keberadaan *Acinetobacter baumannii* pada spesimen saluran pernapasan, termasuk sputum, tidak selalu menunjukkan adanya infeksi aktif karena bakteri ini dapat mengalami kolonisasi pada saluran napas tanpa menimbulkan gejala klinis (Peleg & Hooper, 2010). Kolonisasi tersebut lebih sering ditemukan pada pasien dengan faktor risiko tertentu, seperti penggunaan ventilator mekanik, perawatan di ICU, serta riwayat penggunaan antibiotik sebelumnya (Dijkshoorn *et al.*, 2007). Isolasi *Acinetobacter baumannii* dari sputum perlu diinterpretasikan bersama kondisi klinis pasien, hasil radiologi, dan pemeriksaan penunjang lainnya untuk membedakan kolonisasi dari infeksi (Garnacho-Montero & Timsit, 2019). Informasi mengenai jumlah *Acinetobacter baumannii* pada sampel dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai keberadaan materi genetik bakteri, meskipun metode berbasis molekuler seperti

PCR tidak dapat membedakan bakteri hidup dan mati secara langsung (Nocker & Camper, 2009). Tingginya angka resistensi tersebut menegaskan pentingnya identifikasi bakteri secara tepat dan akurat. Berbagai metode diagnostik digunakan untuk mengidentifikasi bakteri penyebab pneumonia, di antaranya metode kultur sebagai pendekatan konvensional dan metode berbasis molekuler seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR) yang terus berkembang (Gedefie *et al.*, 2021).

Kultur bakteri telah lama digunakan sebagai standar konvensional dalam identifikasi mikroorganisme karena dapat memberikan informasi tentang jenis dan karakteristik bakteri. Keterbatasan metode kultur bakteri salah satunya memerlukan waktu yang cukup lama sekitar 24 - 48 jam, sensitivitas yang rendah, mudah terkontaminasi, dan tidak kuantitatif (Opota *et al.*, 2015). Keterlambatan hasil kultur berdampak langsung pada penundaan pemberian terapi antibiotik yang tepat. Pneumonia nosokomial yang tidak tertangani secara cepat berisiko berkembang menjadi sepsis. Metode diagnostik yang lebih cepat, sensitif, dan akurat dalam mengidentifikasi patogen penyebab infeksi mendorong perkembangan dari keterbatasan metode kultur (Zheng *et al.*, 2021).

Perkembangan metode diagnostik berbasis molekuler, khususnya *Polymerase Chain Reaction* (PCR), menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi dibandingkan metode kultur konvensional dalam mendeteksi patogen (Bălan *et al.*, 2023; Pintea-Simon *et al.*, 2024). Metode PCR berkembang sebagai teknik yang lebih cepat dan sensitif, namun PCR konvensional masih bersifat kualitatif dan belum mampu memberikan informasi mengenai jumlah bakteri secara akurat (Nour & Pfaffl, 2020). Selain identifikasi keberadaan bakteri, informasi tentang jumlah bakteri juga memiliki nilai klinis yang penting. Kuantifikasi bakteri dapat menggambarkan tingkat kolonisasi atau infeksi, membantu evaluasi respons terapi antibiotik, serta mendukung pemantauan perkembangan penyakit selama perawatan pasien (Benjamin *et al.*, 2026). Keterbatasan inilah yang mendorong perkembangan metode *Real-Time Polymerase Chain Reaction* (*Real-Time* PCR) sebagai teknik diagnostik yang

mampu mendeteksi sekaligus mengkuantifikasi DNA target secara langsung dalam satu proses analisis (Artika *et al.*, 2022; Bustin *et al.*, 2025).

Real-Time PCR dipilih sebagai metode dalam penelitian ini karena kemampuannya dalam mendeteksi dan mengkuantifikasi DNA *Acinetobacter baumannii* secara cepat, tepat, sensitif, dan spesifik dalam satu proses analisis tanpa memerlukan tahapan pasca-amplifikasi seperti elektroforesis. *Real-Time* PCR mampu memberikan hasil dalam waktu 2 - 4 jam dengan sensitivitas yang tinggi dibandingkan PCR konvensional (Bustin *et al.*, 2025).

Metode *Real-Time* PCR menghasilkan nilai *cycle threshold* (Ct), yaitu jumlah siklus yang diperlukan untuk mendeteksi sinyal fluoresensi di atas ambang batas tertentu. Nilai Ct memiliki hubungan terbalik dengan jumlah DNA target dalam sampel, dimana semakin rendah nilai Ct maka semakin tinggi jumlah bakteri yang terdeteksi (Bustin *et al.*, 2025). Jumlah bakteri secara kuantitatif diperoleh dari nilai Ct yang dikonversikan menjadi jumlah *copy* DNA menggunakan persamaan regresi yang diperoleh dari kurva standar, yang dihasilkan dari serial dilusi (Yu *et al.*, 2025). Perbedaan pemilihan data serial dilusi dalam penyusunan kurva dapat menghasilkan formula kuantifikasi yang berbeda. Perbedaan formula tersebut berpotensi menghasilkan estimasi jumlah bakteri yang berbeda. Evaluasi perlu dilakukan untuk menentukan formula kuantifikasi yang memiliki linearitas, efisiensi amplifikasi, dan konsistensi terbaik sehingga dapat digunakan sebagai dasar perhitungan jumlah *Acinetobacter baumannii* secara lebih akurat (Bustin *et al.*, 2025). Pemilihan formula yang tidak tepat, dapat berdampak pada kesalahan interpretasi jumlah bakteri sehingga berpotensi mempengaruhi interpretasi tingkat kolonisasi atau infeksi, evaluasi respons terapi dan pemantauan perkembangan penyakit pada pasien.

Pengembangan formula kuantifikasi menggunakan metode *Real-Time* PCR diharapkan dapat menghasilkan estimasi jumlah *Acinetobacter baumannii* secara lebih akurat. Informasi mengenai jumlah bakteri tidak hanya melengkapi hasil deteksi molekuler, tetapi juga berpotensi menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya untuk mengevaluasi hubungan *bacterial load* dengan tingkat

keparahan pneumonia, respons terapi, maupun luaran klinis pasien. Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini dilakukan untuk menentukan formula kuantifikasi *Acinetobacter baumannii* berdasarkan kurva standar *Real-Time* PCR serta mengaplikasikan formula tersebut untuk menghitung jumlah bakteri pada sampel pneumonia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung standarisasi formula kuantifikasi pada pemeriksaan *Real-Time* PCR sehingga estimasi jumlah *Acinetobacter baumannii* menjadi lebih akurat.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimanakah penentuan formula kuantifikasi untuk menghitung jumlah bakteri *Acinetobacter baumannii* menggunakan metode *Real-Time* PCR berdasarkan kurva standar pada isolat bakteri?
- 2) Bagaimanakah gambaran jumlah bakteri *Acinetobacter baumannii* berdasarkan formula kuantifikasi dengan metode *Real-Time* PCR pada pasien pneumonia?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menentukan formula kuantifikasi jumlah bakteri *Acinetobacter baumannii* dengan metode *Real-Time* PCR.

1.3.2 Tujuan Khusus

- 1) Menentukan formula kuantifikasi untuk menghitung jumlah bakteri *Acinetobacter baumannii* menggunakan metode *Real-Time* PCR berdasarkan kurva standar.
- 2) Mengetahui gambaran jumlah bakteri *Acinetobacter baumannii* dengan formula kuantifikasi yang bisa terdeteksi dengan metode *Real-Time* PCR pada pasien pneumonia.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti

Dapat memberikan pengalaman dalam penggunaan teknik *Real-Time* PCR untuk mengidentifikasi patogen. Menambah kemampuan peneliti di bidang mikrobiologi dan analisis klinis.

1.4.2 Manfaat Bagi Ilmu Pengetahuan

Dapat berkontribusi dalam memberikan data terbaru tentang pengembangan diagnostik berbasis PCR dalam mikrobiologi klinis, terkhususnya evaluasi resistensi antibiotik pada bakteri patogen.

1.4.3 Manfaat Bagi Peneliti Lain

Dapat menyediakan data empiris yang digunakan untuk memvalidasi atau membandingkan dalam penelitian lain, serta dapat mengembangkan protokol laboratorium yang lebih efisien.

1.4.4 Manfaat Bagi Institusi

Dapat Menjadi referensi akademik bagi mahasiswa dan peneliti lain yang akan melakukan penelitian terkait *Acinetobacter baumannii* maupun metode identifikasi bakteri berbasis kultur dan molekuler.

