

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Klebsiella pneumoniae adalah bakteri gram-negatif, berkapsul dan non-motil yang merupakan patogen penting secara klinis, bertanggung jawab atas berbagai infeksi serius seperti pneumonia, bakteremia, dan infeksi saluran kemih (Khan *et al.*, 2023). Secara global, *K. pneumoniae* merupakan patogen prioritas kritis akibat resistensi antibiotik (WHO, 2020). Berdasarkan laporan CDC tahun 2022, Amerika Serikat melaporkan lebih dari 13.000 kasus infeksi CRE dengan sekitar 1.100 kematian per tahun, di mana *K. pneumoniae* merupakan salah satu kontributor utama.

Prevalensi infeksi nosokomial di Indonesia mencapai 19,2% jauh lebih tinggi dibandingkan negara maju yang berkisar 5,7-9,1% (Setiadi *et al.*, 2026). Penyebab infeksi nosokomial adalah bakteri gram negatif, salah satunya bakteri *Klebsiella pneumoniae* (Maraki *et al.*, 2025). Menurut Mayaswari *et al* ((2024) infeksi pneumoniae di Indonesia pada tahun 2022 menyebabkan kematian terbanyak pada balita kelompok usia 12-59 bulan dengan prevalensi 12,5%, sebanyak 14% bakteri penyebab infeksi tersebut adalah *Klebsiella pneumoniae* dan *Streptococcus pneumoniae* (Yuskawati *et al.*, 2024). Penelitian Husada *et al* (2022) di RSUD Siti Fatimah, Palembang, melaporkan bahwa *K. pneumoniae* ditemukan pada kultur darah (23,5%), kultur sputum (18,3%), dan cairan tubuh lainnya (11,1%). Selain itu, Danial *et al* (2023) mencatat bahwa 13,5% isolat dari pasien sepsis di

RS Ibnu Sina merupakan *K. pneumoniae*. Berdasarkan data prevalensi dan urgensi bakteri *Klebsiella pneumoniae* penting untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhannya.

Pertumbuhan dan kemampuan reproduksi bakteri sangat bergantung pada ketersediaan unsur mikro esensial, terutama zat besi. Secara umum, bakteri memerlukan besi pada kisaran konsentrasi sekitar 10^{-7} hingga 10^{-5} M untuk mencapai pertumbuhan optimal. Zat besi merupakan unsur mikro esensial yang memainkan peran fundamental dalam berbagai proses biologis kritis *K. pneumoniae*, mencakup transduksi energi, replikasi DNA, proliferasi sel, hingga perlindungan terhadap stres oksidatif (Lan, *et al.*, 2025). Secara biokimia, besi memang tidak berperan langsung dalam pembentukan fisik septum pembelahan sel, namun berfungsi sebagai kofaktor esensial pada proses replikasi DNA dan produksi energi (Osman *et al.*, 2024).

Besi merupakan komponen kunci enzim ribonucleotide reductase (RNR) yang mengkatalisis pembentukan deoksiribonukleotida (dNTP), sehingga menentukan keberlangsungan replikasi genom sebelum sel dapat melakukan pembelahan (Zhang *et al.*, 2014). Besi sangat krusial dalam pembentukan kluster besi-sulfur (Fe-S) yang berfungsi sebagai kofaktor pada protein-protein yang terlibat dalam transfer elektron pada rantai transpor elektron, sehingga berperan penting dalam respirasi seluler dan produksi ATP (Vallières *et al.*, 2024). Ketersediaan energi yang memadai

dari proses respirasi seluler tersebut mendukung kondisi fisiologis sel yang optimal untuk berlangsungnya pembelahan sel bakteri.

Penelitian menunjukkan bahwa kondisi kekurangan besi dapat menghambat tahap akhir sitokinesis bakteri dan menyebabkan gangguan pada proses pembelahan sel (Santos *et al.*, 2017). Protein *Filamenting temperature-sensitive mutant Z* (FtsZ) berperan sebagai komponen utama divisome, yaitu kompleks protein pembelahan sel bakteri yang membentuk cincin pembelahan (Z-ring) di tengah sel dan menjadi penentu utama terjadinya sitokinesis pada bakteri (Erickson *et al.*, 2010).

Penelitian ini menggunakan FeCl_3 sebagai sumber besi karena kemampuannya terdisosiasi secara efisien menjadi ion feri Fe^{3+} bebas yang siap diakuisisi oleh bakteri. Pemilihan FeCl_3 didasarkan pada sifatnya yang tidak higroskopis, serta tidak menimbulkan pengaruh metabolik tambahan karena anion kloridanya bersifat inert (Lan *et al.*, 2025). Meskipun secara alami bakteri menyekresikan siderofor untuk mengikat besi, suplementasi FeCl_3 dalam konsentrasi yang cukup memungkinkan *K. pneumoniae* beralih ke jalur transpor langsung yang lebih hemat energi, seperti sistem Kfu. Jalur ini meminimalkan beban metabolik sel dalam sintesis ligan pengikat besi, sehingga energi seluler dapat dialokasikan sepenuhnya untuk akselerasi pembelahan sel (Chen *et al.*, 2020).

Temuan empiris mendukung peran biologis besi tersebut dalam meningkatkan kapasitas pertumbuhan *K. pneumoniae*. Chen *et al.* (2020) melaporkan bahwa isolat *K. pneumoniae* mencapai pertumbuhan optimal

pada media dengan suplementasi Fe sebesar 50 μM , yang juga disertai peningkatan pembentukan biofilm. Peningkatan kemampuan hidup bakteri tersebut berkorelasi dengan kepadatan sel yang lebih tinggi, sebagaimana dilaporkan Sulistyawati *et al.* (2024) yang menemukan hubungan positif signifikan antara kekuatan biofilm dan jumlah unit pembentuk koloni (CFU). Temuan ini memperkuat dugaan bahwa peningkatan ketersediaan Fe dapat berdampak terhadap peningkatan jumlah koloni *K. pneumoniae* pada media kultur.

MacConkey Agar adalah media selektif diferensial untuk identifikasi bakteri penyebab infeksi nosokomial dan pneumoanie, seperti bakteri gram negatif dalam *family Enterobacteriaceae* yang dikelompokkan berdasarkan sifat *lactose fermenter* seperti bakteri *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumonia* maupun *non-lactose fermenter* seperti bakteri *Salmonella sp.* dan *Shigella sp.* Studi yang meneliti pengaruh penambahan FeCl_3 terhadap jumlah koloni (CFU/ml) yang tumbuh pada permukaan media padat MacConkey Agar untuk merepresentasikan kondisi kultur rutin di laboratorium klinik masih terbatas. Penelitian ini menggunakan MacConkey Agar sebagai media standar tanpa modifikasi formulasi media, melainkan sebagai sistem kultur terkendali untuk mengevaluasi pengaruh penambahan FeCl_3 terhadap pertumbuhan *Klebsiella pneumoniae*. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan FeCl_3 pada media MacConkey Agar terhadap jumlah koloni (*Colony Forming Units*) bakteri *Klebsiella pneumoniae*.

B. Rumusan Masalah

Apakah pengaruh penambahan FeCl_3 pada media Mac Conkey Agar terhadap jumlah koloni bakteri *Klebsiella pneumoniae*.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh penambahan FeCl_3 pada media Mac Conkey Agar terhadap jumlah koloni bakteri *Klebsiella pneumoniae*.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui jumlah koloni (CFU/ml) bakteri *Klebsiella pneumoniae* pada media MacConkey Agar dengan FeCl_3 0 μM , 10 μM , 30 μM , dan 50 μM .
- b. Mengetahui perbedaan jumlah koloni *Klebsiella pneumoniae* antar variasi konsentrasi FeCl_3 secara statistik.
- c. Mengetahui konsentrasi FeCl_3 yang menghasilkan peningkatan jumlah koloni *Klebsiella pneumoniae* paling tinggi berdasarkan hasil analisis statistik.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah bidang Teknologi Laboratorium Medik yang mencakup bidang bakteriologi khususnya pengaruh penambahan FeCl_3 pada media Mac Conkey Agar terhadap jumlah koloni bakteri *Klebsiella pneumoniae*.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah terkait pengaruh penambahan FeCl_3 pada media Mac Conkey Agar terhadap jumlah koloni bakteri *Klebsiella pneumoniae*. Hasilnya dapat menjadi referensi untuk menutup kesenjangan penelitian yang ada dan memberikan dasar bagi penelitian lanjutan dalam bidang mikrobiologi.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi bagi laboratorium mikrobiologi klinis maupun bidang pendidikan, antara lain:

- a. Memberikan gambaran mengenai pengaruh penambahan FeCl_3 terhadap pertumbuhan koloni *Klebsiella pneumoniae* (jumlah koloni/CFU), sehingga dapat dijadikan acuan dalam penelitian maupun praktik uji bakteriologis.
- b. Menjadi referensi tambahan untuk memahami pengaruh faktor nutrisi terhadap pertumbuhan bakteri, serta mendukung kegiatan pembelajaran dan penelitian di bidang kesehatan.

F. Keaslian Penelitian

Berdasarkan kajian pustaka dan kepenelusuran, peneliti belum menemukan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan FeCl_3 pada Media Mac Conkey Agar terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Klebsiella pneumoniae*” adapun penelitian sejenis yang pernah dilakukan, yaitu:

1. Penelitian oleh Chen T *et al* (2020) yang berjudul “*Effects of iron on the growth, biofilm formation and virulence of Klebsiella pneumoniae causing liver abscess*”

Hasil : Penambahan Fe 10–50 μM meningkatkan pertumbuhan dan biofilm, optimal pada 50 μM ; defisiensi Fe menurunkan pertumbuhan dan meningkatkan ekspresi gen siderofor.

Persamaan : Menilai pengaruh Fe terhadap pertumbuhan *K. pneumoniae* dan konsentrasi Fe 10, 30, 50 μM

Perbedaan : Menggunakan media cair (LB broth), mengukur OD₆₀₀ dan biofilm, Fe sebagai satu-satunya suplementasi tanpa spesifikasi bentuk senyawa.

2. Penelitian oleh Liu *et al* (2022) yang berjudul “*Low-concentration iron promotes Klebsiella pneumoniae biofilm formation by suppressing succinic acid*”

Hasil : FeCl₂ 160 μM meningkatkan ketebalan biofilm melalui peningkatan eksopolisakarida (EPS), jumlah sel tetap sama, dan penurunan asam suksinat terlibat dalam mekanisme.

Persamaan : Mengevaluasi pengaruh Fe terhadap *K. pneumoniae* dan menunjukkan modulasi fenotip, khususnya biofilm dan metabolisme.

Perbedaan : Menggunakan media LB broth (cair), suplementasi FeCl₂, dan microtiter plate assay untuk menilai biofilm, serta analisis

metabolomik. CFU dihitung hanya untuk memverifikasi jumlah sel hidup, bukan sebagai parameter utama pertumbuhan koloni.

3. Penelitian oleh Baez *et al* (2022) yang berjudul “*Aerobic Escherichia coli growth under restricted and excess iron concentrations*”

Hasil : Defisiensi Fe ($\leq 1,75 \mu\text{M}$) menurunkan laju pertumbuhan, biomassa, respirasi, dan produksi ATP. Sedangkan suplementasi FeCl_3 $100 \mu\text{M}$ meningkatkan respirasi, biomassa, dan efisiensi energi *E.coli*.

Persamaan : Menilai pengaruh ketersediaan Fe terhadap pertumbuhan bakteri Gram-negatif (*E.Coili*), suplementasi Fe yang digunakan FeCl_3 .

Perbedaan : Menggunakan *E. coli* dalam media cair minimal terdefinisi, menilai OD_{600} dan parameter metabolik (ATP, TCA cycle, respirasi, konsumsi substrat) dengan HPLC dan YSI Analyzer; konsentrasi FeCl_3 $100 \mu\text{M}$.