ILLEA: *Journal of Health Sciences, Public Health, and Medicine*
E-ISSN- (3089-8277)

A REVIEW: EFIKASI DAN KEAMANAN MOKSIFLOKSASIN DIBANDINGKAN LEVOFLOKSASIN SEBAGAI MONOTERAPI PADA PASIEN COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA RAWAT INAP

Andi Ameilia Sari Riandika[1*], *Rieka Nurul Dwi Anggraeni*[1]

[1]*Jurusan Kimia, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia*

ARTICLE INFORMATION

Received: 12 Agustus 2026
Accepted: 01 Oktober 2026
Published: 31 Oktober 2026

KEYWORD

pneumonia, moksifloksasin, levofloksasin, efikasi

pneumonia, moxifloxacin, levofloxacin, efficacy

CORRESPONDING AUTHOR

Nama : Andi Ameilia Sari Riandika
Address: Perumahan Gerhana Alauddin
E-mail : andiameiliasari@unm.ac.id
No. Tlp : +6285314700612

ABSTRACT

Pneumonia komunitas (*Community-Acquired Pneumonia*, CAP) merupakan infeksi saluran napas bawah yang masih menjadi penyebab utama rawat inap dan mortalitas secara global. Fluoroquinolone respiratori seperti moksifloksasin dan levofloksasin direkomendasikan sebagai terapi empiris pada pasien CAP tanpa faktor risiko patogen resisten. Artikel review ini bertujuan membandingkan efikasi dan keamanan moksifloksasin dan levofloksasin sebagai monoterapi pada pasien CAP rawat inap. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data PubMed, Scopus, dan ScienceDirect untuk publikasi tahun 2016–2026. Parameter yang dianalisis meliputi tingkat kesembuhan klinis, nilai MIC, penetrasi *epithelial lining fluid* (ELF), parameter farmakokinetik/ farmakodinamik (PK/PD), serta profil efek samping. Hasil kajian menunjukkan bahwa moksifloksasin memiliki tingkat keberhasilan klinis lebih tinggi, nilai MIC lebih rendah terhadap *Streptococcus pneumoniae* dan *Mycoplasma pneumoniae*, serta rasio AUC ELF/plasma yang lebih besar dibandingkan levofloksasin. Profil keamanan kedua obat relatif serupa, namun moksifloksasin lebih berisiko terhadap pemanjangan interval QT, sedangkan levofloksasin lebih sering dikaitkan dengan hipoglikemia pada pasien diabetes. Secara keseluruhan, moksifloksasin menunjukkan keunggulan sebagai terapi empiris CAP rawat inap dengan pertimbangan seleksi pasien yang tepat.

Community-acquired pneumonia (CAP) remains a major cause of hospitalization and mortality worldwide. Respiratory fluoroquinolones such as moxifloxacin and levofloxacin are recommended as empirical therapy for hospitalized CAP patients without resistant pathogen risk factors.This review article aimed to compare the efficacy and safety of moxifloxacin and levofloxacin as monotherapy in hospitalized CAP patients. Literature search was conducted through PubMed, Scopus, and ScienceDirect databases for publications between 2016–2026. Clinical cure rate, minimum inhibitory concentration (MIC), epithelial lining fluid (ELF) penetration, pharmacokinetic/pharmacodynamic parameters, and adverse event profiles were analyzed. The findings indicate that moxifloxacin demonstrates higher clinical cure rates, lower MIC values against major respiratory pathogens, and greater ELF penetration compared to levofloxacin. Both agents show comparable safety profiles; however, moxifloxacin is more associated with QT interval prolongation, whereas levofloxacin presents higher risk of severe hypoglycemia in diabetic patients. Overall, moxifloxacin appears superior as empirical therapy for hospitalized CAP with appropriate patient selection.

PENDAHULUAN

Pneumonia komunitas (*Community-Acquired Pneumonia*, CAP) merupakan infeksi akut pada parenkim paru yang diperoleh di luar fasilitas pelayanan kesehatan. Secara global, CAP masih menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas, terutama pada populasi lansia dan pasien dengan komorbiditas (Cilloniz et al., 2024; Li et al., 2025). Berdasarkan laporan *Global Burden of Disease* (GBD) 2023, infeksi saluran napas bawah (*lower respiratory infections*), termasuk pneumonia, tetap menjadi

penyebab kematian akibat penyakit infeksi tertinggi di dunia, dengan beban kematian yang signifikan pada kelompok usia dewasa dan lanjut usia. Meskipun terjadi penurunan angka mortalitas dalam beberapa dekade terakhir, beban penyakit ini masih tinggi, khususnya di negara berpenghasilan rendah dan menengah, yang dipengaruhi oleh faktor usia, komorbiditas kronis, serta keterbatasan akses terhadap layanan kesehatan. Data GBD 2023 juga menunjukkan bahwa pneumonia berkontribusi terhadap jutaan kasus rawat inap setiap tahun dan tetap menjadi salah satu penyebab utama kematian pada populasi usia ≥65 tahun, menegaskan pentingnya optimalisasi terapi empiris berbasis bukti pada pasien CAP rawat inap (GBD, 2025).

Pada pasien CAP yang memerlukan perawatan di rumah sakit, pemilihan terapi antibiotik empiris yang tepat sangat menentukan keberhasilan pengobatan. Pedoman *American Thoracic Society dan Infectious Diseases Society of America* (ATS/IDSA) merekomendasikan fluoroquinolone respiratori sebagai terapi empiris lini pertama pada pasien CAP rawat inap tanpa faktor risiko *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) maupun *Pseudomonas aeruginosa* (Metlay et al., 2019). Rekomendasi serupa juga ditegaskan dalam pembaruan pedoman *Société de Pathologie Infectieuse de Langue Française* (SPILF) dan *Société de Pneumologie de Langue Française* (SPLF) tahun 2025 yang menyatakan bahwa fluoroquinolone respiratori, seperti moxifloxacin atau levofloxacin, dapat digunakan sebagai terapi empiris pada pasien CAP rawat inap tanpa faktor risiko patogen resisten. Pedoman tersebut menyatakan bahwa fluoroquinolone respiratori efektif karena memiliki spektrum luas terhadap patogen tipikal seperti Streptococcus pneumoniae maupun patogen atipikal, serta memiliki penetrasi paru yang baik dan bioavailabilitas tinggi, sehingga memungkinkan penggunaan sebagai monoterapi pada kondisi klinis tertentu (Dinh et al., 2025). Namun demikian, pemilihan agen fluoroquinolone yang paling optimal masih menjadi pertimbangan klinis karena adanya perbedaan karakteristik farmakologis dan profil keamanan antar obat (Barberán et al., 2024; El-sagheir et al., 2025; Geremia et al., 2024; Jonville-Béra et al., 2025).

Moksifloksasin (MOX) dan levofloksasin (LEV) merupakan fluoroquinolone generasi lanjut dengan spektrum luas terhadap bakteri Gram positif, Gram negatif, dan patogen atipikal. Namun, perbedaan struktur kimia keduanya berpengaruh terhadap aktivitas antibakterinya (El-sagheir et al., 2025). Selain itu, tinjauan lain menekankan bahwa karakteristik struktur kimia Fluoroquinolone juga mempengaruhi afinitas terhadap target enzim bakteri, sifat lipofilisitas, penetrasi jaringan paru, distribusi intraseluler, serta profil farmakokinetik dan farmakodinamiknya (Geremia et al., 2024). MOX diketahui memiliki aktivitas yang lebih kuat terhadap *Streptococcus pneumoniae* dan beberapa bakteri Gram positif dibandingkan LEV (El-sagheir et al., 2025). Sebaliknya, LEV menunjukkan aktivitas yang baik terhadap sejumlah bakteri Gram negatif penyebab infeksi saluran napas (Geremia et al., 2024). Selain mempengaruhi efektivitas klinis, karakteristik tersebut juga dapat berdampak pada profil keamanan dan kejadian efek samping selama terapi (El-sagheir et al., 2025; Geremia et al., 2024).

Beberapa penelitian telah mengevaluasi efektivitas fluoroquinolone respiratori pada CAP rawat inap. Meta-analisis terbaru menunjukkan bahwa regimen yang mengandung fluoroquinolone memberikan hasil klinis yang baik dalam meningkatkan angka kesembuhan klinis dan menurunkan kegagalan terapi pada pasien CAP berat (Wang et al., 2025). Selain itu, fluoroquinolone respiratori memiliki bioavailabilitas oral yang tinggi sehingga memungkinkan transisi terapi intravena ke oral tanpa mengurangi efektivitas pengobatan (Kato, 2024; Metlay et al., 2019; Teng et al., 2023). Karakteristik tersebut menjadikan kelompok obat ini tetap banyak digunakan dalam tata laksana CAP di berbagai fasilitas pelayanan kesehatan (Dinh et al., 2025).

Meskipun fluoroquinolone respiratori telah direkomendasikan dalam berbagai pedoman internasional, bukti mengenai perbandingan langsung antara moxifloxacin dan levofloxacin pada pasien CAP rawat inap masih relatif terbatas. Selain itu, perbedaan karakteristik farmakokinetik dan farmakodinamik kedua obat berpotensi menghasilkan luaran klinis dan profil keamanan yang berbeda. Namun, sebagian besar penelitian yang tersedia masih mengevaluasi efektivitas atau keamanan masing-masing agen secara terpisah dan belum memberikan kajian komprehensif mengenai perbandingan efikasi serta keamanan kedua antibiotik pada populasi pasien CAP rawat inap (Du et al., 2021a; Tse et al., 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat kesenjangan pengetahuan mengenai perbandingan efikasi dan keamanan MOX dan LEV pada pasien CAP rawat inap. Kajian ini memiliki kebaruan berupa evaluasi komprehensif terhadap kedua fluoroquinolone respiratori dengan mempertimbangkan efektivitas klinis dan aspek keamanan secara bersamaan berdasarkan bukti ilmiah terkini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efikasi dan keamanan MOX dan LEV pada pasien CAP yang menjalani perawatan di rumah sakit guna mendukung pengambilan keputusan terapi antibiotik yang lebih efektif dan aman.

METODE

Penelitian ini merupakan studi literatur (*narrative review*) yang bertujuan membandingkan efikasi dan keamanan MOX dan LEV sebagai terapi pada pasien CAP rawat inap. Kajian dilakukan dengan menelusuri artikel ilmiah yang dipublikasikan pada periode Januari 2016 hingga Juni 2026 melalui basis data PubMed, Scopus, dan ScienceDirect. Strategi pencarian literatur menggunakan kombinasi kata kunci dan operator Boolean sebagai berikut: ("*community-acquired pneumonia*" *OR* "CAP") *AND* ("moxifloxacin") *AND* ("levofloxacin"), ("*respiratory fluoroquinolone*") *AND* ("*community-acquired pneumonia*"), serta ("moxifloxacin versus levofloxacin") *AND* ("efficacy" OR "safety").

Pencarian dibatasi pada artikel berbahasa Inggris dan Indonesia yang tersedia dalam bentuk teks lengkap (*full text*). Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel penelitian asli, uji klinis, studi kohort, studi observasional, *systematic review*, atau *meta analysis*; (2) penelitian yang melibatkan pasien dewasa dengan CAP atau memberikan data farmakologis, mikrobiologis, farmakokinetik/farmakodinamik, atau keamanan yang relevan dengan penggunaan MOX dan/atau LEV pada infeksi saluran pernapasan; (3) penelitian yang mengevaluasi penggunaan MOX atau LEV sebagai terapi empiris maupun definitif; dan (4) artikel yang melaporkan data efikasi dan/atau keamanan yang relevan dengan tujuan kajian. Kriteria eksklusi meliputi: (1) editorial, surat kepada editor, abstrak konferensi, atau laporan kasus; (2) penelitian yang secara eksklusif membahas pneumonia nosokomial atau *ventilator-associated pneumonia*; (3) artikel yang tidak tersedia dalam teks lengkap; dan (4) artikel duplikat.

Pencarian awal menghasilkan 286 artikel. Setelah proses penyaringan berdasarkan judul, abstrak, kesesuaian dengan tujuan kajian, dan ketersediaan teks lengkap, sebanyak 13 artikel utama digunakan dalam sintesis hasil. Artikel yang dianalisis tidak seluruhnya merupakan penelitian *head to head* MOX versus LEV. Oleh karena itu, bukti yang diperoleh diklasifikasikan menjadi bukti langsung, yaitu penelitian yang secara langsung membandingkan kedua obat atau memberikan data komparatif terhadap keduanya, dan bukti tidak langsung atau pendukung, yaitu penelitian yang memberikan informasi mengenai aktivitas antimikroba, penetrasi paru, PK/PD, keamanan, atau karakteristik klinis salah satu atau kedua obat. Pendekatan ini digunakan untuk memberikan interpretasi yang lebih hati-hati terhadap perbedaan efikasi dan keamanan MOX dan LEV.

Informasi yang diekstraksi meliputi nama penulis, tahun publikasi, desain penelitian, populasi atau karakteristik pasien, intervensi atau paparan, parameter yang dianalisis, hasil utama, serta kelebihan dan keterbatasan masing-masing penelitian. Parameter efikasi meliputi *clinical cure rate*, keberhasilan mikrobiologis, lama rawat inap, mortalitas, MIC, penetrasi *epithelial lining fluid* (ELF), dan parameter PK/PD. Parameter keamanan meliputi kejadian efek samping, pemanjangan interval QT, gangguan glikemik, efek gastrointestinal, gangguan hati, dan efek samping serius lainnya. Data dianalisis secara deskriptif dengan mempertimbangkan desain penelitian, karakteristik populasi, jenis pembanding, dan relevansinya terhadap pasien CAP rawat inap.

HASIL & PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil seleksi literatur, penelitian yang direview menunjukkan variasi dalam desain penelitian, populasi, parameter yang dianalisis, serta tingkat keterkaitan langsung terhadap perbandingan MOX dan LEV pada pasien CAP. Tidak seluruh penelitian merupakan perbandingan *head to head* antara MOX dan LEV. Oleh karena itu, hasil penelitian dalam kajian ini dikelompokkan menjadi bukti komparatif langsung, bukti komparatif tidak langsung, dan bukti pendukung yang mencakup aspek mikrobiologi, farmakokinetik/farmakodinamik (PK/PD), serta keamanan. Ringkasan karakteristik dan temuan utama penelitian yang direview disajikan pada Tabel 1.

Desain Penelitian	Fokus/ Parameter	Hasil Utama	Ref.
Meta analisis & evaluasi farmakoekonomi	Efikasi klinis & *cost effectiveness* pada CAP	MOX dilaporkan memberikan manfaat klinis lebih baik dibandingkan LEV dan menunjukkan hasil *cost effectiveness* yang menguntungkan	Du et al. (2021)
Network meta analysis	Keberhasilan klinis berbagai regimen antibiotik CAP	MOX menunjukkan tingkat kesembuhan klinis yang tinggi dibandingkan beberapa regimen	Xu et al. (2022)
Systematic review	MIC & penetrasi jaringan	MOX menunjukkan aktivitas kuat terhadap *S. pneumoniae* dan penetrasi jaringan yang mendukung aktivitas di lokasi infeksi	Finazzi et al. (2022)
Tinjauan farmakokinetik	Penetrasi antibiotik ke ELF	Rasio AUC ELF/plasma MOX sekitar 4,9–6,9, LEV sekitar 1,6–4,9	Drwiega & Rodvold (2022)
Studi PK populasi & PTA	AUC/MIC & PTA	Menunjukkan pentingnya pencapaian target PK/PD pada MOX dan LEV	Sidamo et al. (2022)
Studi farmakogenetik/farmakokinetik	Variabilitas PK fluoroquinolone	Faktor genetik transporter dan metabolisme dapat mempengaruhi parameter PK	Annisa et al. (2022)
Studi farmakologi klinis	Interval QT & repolarisasi ventrikel	MOX memberikan efek terhadap QT lebih besar dibandingkan LEV	Täubel et al. (2020)
Population-based propensity score matched nested case-control	Hipoglikemia	LEV dikaitkan dengan peningkatan risiko keadaan darurat hipoglikemik	Liao et al. (2022)
Studi observasional berbasis populasi	Efek samping serius fluoroquinolone pada gangguan ginjal	Menunjukkan pentingnya perhatian terhadap keamanan fluoroquinolone pada pasien berisiko tinggi	Muanda et al. (2022)
Systematic review & meta analisis	Pendukung keamanan	LEV meningkatkan risiko hipoglikemia dibandingkan antibiotik non-fluoroquinolone; peningkatan pada MOX tidak signifikan	Guo et al. (2024)
Narrative review	Efek samping fluoroquinolone	Efek gastrointestinal merupakan efek samping yang sering dan umumnya ringan–sedang	Rusu et al. (2023)
Network meta-analysis	Regimen antibiotik empiris severe CAP	Regimen yang mengandung fluoroquinolone menunjukkan hasil klinis yang baik	Wang et al. (2025)
Studi eksperimental mikrobiologi	Toleransi & respons *S. pneumoniae*	Menunjukkan peran adaptasi metabolik/toleransi terhadap fluoroquinolone	Dao et al. (2024)

Keterangan: MOX = moksifloksasin; LEV = levofloksasin; CAP = *community-acquired pneumonia*; MIC = *minimum inhibitory concentration*; ELF = *epithelial lining fluid*; AUC = *area under the curve*; PK/PD = farmakokinetik/farmakodinamik; PTA = *probability of target attainment*

Berbagai penelitian dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan adanya perbedaan efektivitas klinis antara MOX dan LEV pada pasien dewasa dengan CAP yang menjalani perawatan inap. Meta analisis yang dilakukan oleh Du et al. pada tahun 2021 yang melibatkan 3.441 pasien CAP melaporkan bahwa MOX lebih unggul sebagai terapi empiris awal dibandingkan LEV, dengan nilai odds ratio (OR) sebesar 3,35 ($p<0,001$). Temuan ini menunjukkan bahwa peluang keberhasilan terapi awal dengan MOX secara statistik lebih tinggi dibandingkan LEV. Hasil tersebut diperkuat oleh penelitian Xu et al. (2022) yang melaporkan tingkat kesembuhan klinis mencapai 92% pada kelompok MOX, sedangkan pada kelompok LEV sebesar 78%. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa secara klinis MOX memiliki kemampuan yang lebih konsisten dalam memperbaiki gejala, menurunkan demam, serta mempercepat resolusi infeksi pada pasien CAP rawat inap.

Meskipun meta analisis oleh Du et al. memberikan tingkat bukti yang tinggi karena menggabungkan beberapa penelitian, sebagian besar studi yang diikutsertakan masih menunjukkan variasi karakteristik pasien, regimen terapi, dan sistem pelayanan kesehatan. Oleh karena itu, interpretasi hasil perlu mempertimbangkan adanya heterogenitas populasi sehingga generalisasi terhadap seluruh pasien CAP rawat inap harus dilakukan secara hati-hati. Selain itu, sebagian bukti yang mendukung superioritas MOX berasal dari *network meta analysis* atau studi observasional sehingga belum seluruhnya merupakan perbandingan *head to head* antara MOX dan LEV. Kondisi tersebut dapat menyebabkan adanya pengaruh faktor perancu (*confounding*) yang berpotensi mempengaruhi estimasi efektivitas.

Keunggulan tersebut berkaitan erat dengan aktivitas antibakteri terhadap patogen utama CAP, khususnya *Streptococcus pneumoniae*. Studi oleh Finazzi et al. (2022) menunjukkan bahwa nilai MIC90 MOX terhadap *S. pneumoniae* sekitar 0,12 mg/L, sedangkan LEV sekitar 1,0 mg/L. Nilai *minimum inhibitory concentration* (MIC) yang lebih rendah menunjukkan bahwa MOX mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada konsentrasi yang lebih kecil dibandingkan LEV. Secara farmakodinamik, hal ini mencerminkan potensi bakterisidal yang lebih kuat, terutama pada isolat bakteri dengan sensitivitas menurun. Dalam konteks meningkatnya resistensi antimikroba, perbedaan nilai MIC ini menjadi sangat relevan karena obat dengan MIC lebih rendah cenderung mempertahankan efektivitasnya lebih lama terhadap strain bakteri yang mengalami pergeseran sensitivitas. Temuan tersebut juga didukung oleh penelitian terbaru mengenai resistensi *S. pneumoniae* terhadap fluoroquinolone. Penelitian oleh Dao et al. (2024) menunjukkan bahwa MOX tetap mempertahankan aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan fluoroquinolone lain pada isolat *S. pneumoniae*, terutama karena memiliki potensi bakterisidal yang tinggi dan lebih mampu menekan munculnya resistensi dibandingkan agen dengan aktivitas yang lebih rendah. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa kegagalan terapi pada *S. pneumoniae* lebih sering diawali oleh mekanisme toleransi bakteri sebelum berkembang menjadi resistensi penuh, sehingga pemilihan fluoroquinolone dengan aktivitas intrinsik yang lebih kuat menjadi penting untuk meningkatkan keberhasilan terapi dan menghambat seleksi strain resisten. Temuan ini semakin memperkuat bahwa aktivitas antimikroba yang tinggi dan nilai MIC yang rendah merupakan faktor penting dalam menentukan efektivitas klinis MOX pada tata laksana CAP.

Dari aspek farmakokinetik dan farmakodinamik (PK/PD), perbedaan juga terlihat pada kemampuan penetrasi obat ke jaringan paru, yang merupakan lokasi utama infeksi pada CAP. Penelitian oleh Drwiega & Rodvold, (2022) serta Finazzi et al. (2022) melaporkan bahwa rasio AUC *epithelial lining fluid* (ELF) terhadap plasma pada MOX berkisar antara 4,9–6,9, sedangkan pada LEV antara 1,6–4,9. Rasio ini menggambarkan seberapa besar konsentrasi obat yang mencapai cairan lapisan epitel paru dibandingkan konsentrasi dalam plasma. Nilai yang lebih tinggi pada MOX menunjukkan bahwa obat ini lebih terakumulasi pada lokasi infeksi, sehingga secara teoritis dan klinis dapat memberikan efek eradikasi bakteri yang lebih optimal di jaringan paru. Selain itu, Sidamo et al. (2022) menunjukkan bahwa pencapaian target farmakodinamik (*Probability of Target Attainment*, PTA) pada MOX sangat dipengaruhi oleh rasio AUC/MIC yang lebih tinggi dibandingkan LEV pada konsentrasi dosis standar. Pencapaian target PK/PD tersebut berhubungan dengan meningkatnya efektivitas bakterisidal dan penekanan munculnya resistensi bakteri, sehingga mendukung penggunaan MOX pada infeksi saluran napas yang memerlukan konsentrasi obat tinggi di lokasi infeksi. Temuan tersebut juga didukung oleh Annisa et al. (2022) yang menjelaskan bahwa efektivitas klinis fluoroquinolone sangat dipengaruhi oleh pencapaian target farmakokinetik/farmakodinamik, terutama rasio AUC/MIC, yang merupakan prediktor utama keberhasilan eradikasi bakteri dan pencegahan perkembangan resistensi. Variabilitas

farmakokinetik antaragen, termasuk perbedaan distribusi jaringan, waktu paruh, dan paparan obat sistemik, berkontribusi terhadap perbedaan kemampuan masing-masing fluoroquinolone dalam mencapai target terapeutik. Oleh karena itu, karakteristik PK/PD yang lebih menguntungkan pada MOX semakin memperkuat potensi obat ini sebagai pilihan terapi empiris pada pasien CAP yang memerlukan konsentrasi antibiotik optimal di jaringan paru.

Meskipun demikian, perbandingan kedua obat ini tidak terlepas dari pertimbangan keamanan. Penelitian oleh Täubel et al. (2020) menunjukkan bahwa MOX memiliki kecenderungan lebih besar dalam menyebabkan pemanjangan interval QT dibandingkan LEV, sehingga penggunaannya perlu lebih berhati-hati pada pasien dengan riwayat gangguan irama jantung atau yang mengonsumsi obat lain yang juga memperpanjang QT. Temuan tersebut sejalan dengan tinjauan komprehensif oleh Jonville-Béra et al. (2025) yang menyatakan bahwa MOX merupakan fluoroquinolone dengan risiko pemanjangan interval QT paling tinggi dibandingkan agen lain dalam kelompok yang sama, sehingga pemantauan elektrokardiografi (EKG) dianjurkan pada pasien dengan faktor risiko kardiovaskular. Selain itu, Barberán et al. (2024) menjelaskan bahwa pemanjangan interval QT merupakan salah satu efek samping yang perlu mendapat perhatian pada penggunaan fluoroquinolone respiratori, terutama MOX, karena memiliki potensi yang lebih besar dalam menghambat kanal kalium jantung (*human ether-à-go-go-related gene* [hERG]) dibandingkan LEV. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya *torsades de pointes* pada pasien dengan faktor predisposisi seperti gangguan elektrolit, bradikardia, penyakit jantung struktural, atau penggunaan obat lain yang juga memperpanjang interval QT. Oleh karena itu, pemilihan antara MOX dan LEV perlu mempertimbangkan profil risiko kardiovaskular masing-masing pasien, terutama pada kelompok yang memiliki risiko tinggi mengalami gangguan repolarisasi ventrikel.

Di sisi lain, LEV dilaporkan lebih sering dikaitkan dengan kejadian hipoglikemia berat, terutama pada pasien diabetes, sebagaimana dilaporkan oleh Liao et al. (2022) dan Muanda et al. (2022). Perbedaan profil efek samping ini menegaskan pentingnya pendekatan individualisasi terapi berdasarkan kondisi komorbid pasien. Hasil tersebut juga sejalan dengan *systematic review* dan meta-analisis oleh Guo et al. (2024) yang melalui analisis subkelompok berdasarkan jenis fluoroquinolone menunjukkan bahwa penggunaan LEV berhubungan dengan peningkatan risiko hipoglikemia yang signifikan dibandingkan antibiotik non-fluoroquinolone, sedangkan peningkatan risiko pada MOX tidak mencapai signifikansi statistik. Meskipun demikian, hasil tersebut tidak berasal dari perbandingan langsung antara LEV dan MOX, sehingga interpretasinya tetap perlu dilakukan secara hati-hati.

Namun secara umum, insiden efek samping ringan seperti diare, mual, dan gangguan gastrointestinal lainnya dilaporkan relatif serupa antara MOX dan LEV, sebagaimana dikemukakan oleh Xu dkk. (2022), sehingga keduanya masih dapat dianggap memiliki profil keamanan yang dapat diterima dalam penggunaan klinis. Temuan tersebut didukung oleh Rusu et al. (2023) yang menjelaskan bahwa gangguan gastrointestinal, seperti mual, muntah, diare, dan nyeri abdomen, merupakan efek samping yang paling sering dilaporkan pada penggunaan fluoroquinolone dan umumnya bersifat ringan hingga sedang serta jarang menyebabkan penghentian terapi. Bukti mengenai profil keamanan kedua antibiotik juga berasal dari desain penelitian yang beragam, mulai dari *randomized controlled trial*, kohort retrospektif, hingga studi farmakovigilans. Oleh karena itu, besarnya risiko efek samping tertentu perlu diinterpretasikan sesuai karakteristik populasi dan desain penelitian masing-masing.

Dari sudut pandang farmakoekonomi, analisis oleh Du dkk. (2021) dalam sistem pelayanan kesehatan di China menunjukkan bahwa MOX menunjukkan hasil *cost-effectiveness* yang lebih menguntungkan dibandingkan LEV dalam konteks sistem pelayanan kesehatan yang dianalisis. Temuan ini terutama disebabkan oleh durasi rawat inap yang lebih singkat dan peningkatan kualitas hidup pasien yang diukur melalui *quality-adjusted life years* (QALY). Dengan tingkat kesembuhan yang lebih tinggi dan kemungkinan komplikasi yang lebih rendah, penggunaan MOX berpotensi menurunkan beban biaya langsung maupun tidak langsung. Secara keseluruhan, bukti klinis, parameter mikrobiologis, karakteristik PK/PD, serta analisis ekonomi kesehatan menunjukkan bahwa MOX memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan LEV dalam tata laksana CAP rawat inap, meskipun pemilihan terapi tetap harus mempertimbangkan faktor keamanan, kondisi komorbid, serta karakteristik individual pasien. Dengan demikian, perbedaan profil keamanan antara kedua antibiotik lebih berkaitan dengan

karakteristik pasien dibandingkan perbedaan efektivitas antibakterinya, sehingga pemilihan terapi perlu mempertimbangkan manfaat dan risiko secara individual.

Meskipun berbagai bukti menunjukkan bahwa MOX memiliki beberapa keunggulan dibandingkan LEV dalam hal aktivitas terhadap *S.pneumoniae*, penetrasi jaringan paru, serta efektivitas klinis, pemilihan antibiotik pada pasien CAP tetap harus mempertimbangkan karakteristik individual pasien. LEV masih merupakan pilihan yang rasional pada pasien dengan risiko pemanjangan interval QT, mengingat potensi efek terhadap repolarisasi ventrikel relatif lebih rendah dibandingkan MOX (Täubel et al., 2020; Jonville-Béra et al., 2025). Selain itu, LEV memiliki aktivitas yang lebih baik terhadap beberapa bakteri Gram negatif, termasuk *P. aeruginosa*, sehingga lebih sesuai digunakan apabila terdapat kecurigaan infeksi oleh patogen tersebut atau pasien memiliki faktor risiko infeksi Gram negatif (Metlay et al., 2019; Kato, 2024). Di samping itu, karena LEV dieliminasi terutama melalui ginjal, penyesuaian dosis dapat dilakukan pada pasien dengan gangguan fungsi ginjal untuk menjaga efektivitas terapi sekaligus meminimalkan risiko toksisitas (Kato, 2024). Oleh karena itu, pemilihan antara MOX dan LEV sebaiknya tidak hanya didasarkan pada perbedaan efektivitas secara umum, tetapi juga mempertimbangkan profil mikrobiologi, komorbiditas, risiko efek samping, serta karakteristik farmakokinetik masing-masing pasien.

Secara keseluruhan, penelitian yang direview memiliki kelebihan karena memberikan bukti dari berbagai perspektif, yaitu efikasi klinis, aktivitas antimikroba, penetrasi paru, PK/PD, keamanan, dan farmakoekonomi. Bukti klinis dari meta analisis dan *network meta-analysis* memberikan gambaran mengenai *outcome* terapi, sedangkan penelitian mikrobiologi dan PK/PD membantu menjelaskan kemungkinan mekanisme yang mendasari perbedaan respons terhadap kedua obat. Penelitian keamanan juga memberikan informasi mengenai faktor risiko spesifik yang perlu diperhatikan dalam penggunaan masing-masing agen.

Namun, kekuatan bukti tersebut tidak sepenuhnya setara. Beberapa penelitian merupakan perbandingan langsung MOX dan LEV, sedangkan penelitian lainnya hanya memberikan bukti tidak langsung atau pendukung. Selain itu, terdapat perbedaan karakteristik populasi, desain penelitian, regimen terapi, parameter *outcome*, serta kondisi klinis antar penelitian. Dengan demikian, sintesis literatur dalam kajian ini menunjukkan bahwa perbedaan antara MOX dan LEV perlu dipahami berdasarkan integrasi beberapa parameter, bukan hanya berdasarkan satu *outcome* klinis. Efikasi klinis perlu dipertimbangkan bersama aktivitas terhadap patogen, penetrasi ke jaringan paru, pencapaian target PK/PD, serta profil keamanan. Pendekatan tersebut memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai posisi kedua obat dalam terapi CAP, sekaligus menunjukkan bahwa masih diperlukan penelitian *head to head* dengan desain prospektif dan populasi CAP rawat inap yang terdefinisi dengan baik.

Narrative review ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, kajian ini tidak menggunakan metode *systematic review* sehingga masih berpotensi mengalami bias seleksi literatur. Kedua, penelitian ini tidak melakukan penilaian kualitas metodologis (*risk of bias assessment*) secara formal terhadap setiap artikel yang diinklusi sehingga kekuatan bukti masing-masing studi tidak dapat dibandingkan secara kuantitatif. Ketiga, artikel yang dirujuk memiliki desain penelitian yang heterogen, meliputi *randomized controlled trial,* studi kohort, studi observasional, meta analisis, dan kajian farmakokinetik, sehingga membatasi generalisasi hasil. Oleh karena itu, temuan dalam *narrative review* ini perlu diinterpretasikan sebagai sintesis bukti yang bersifat naratif dan diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian *systematic review* atau meta analisis pada masa mendatang.

KESIMPULAN

Moksifloksasin menunjukkan keunggulan dibandingkan levofloksasin dalam terapi empiris pneumonia komunitas rawat inap berdasarkan tingkat kesembuhan klinis, nilai MIC yang lebih rendah, penetrasi paru yang lebih baik, dan efektivitas biaya yang lebih menguntungkan. Profil keamanan relatif sebanding, namun perlu perhatian terhadap risiko QT prolongation pada MOX dan hipoglikemia pada LEV. Pemilihan terapi harus mempertimbangkan kondisi klinis individual pasien.

KONTRIBUSI PENULIS

Ameilia Sari Riandika berkontribusi dalam pengungkapan dan perumusan masalah penelitian, penyusunan konsep dan metodologi penelitian, pengumpulan serta analisis data, interpretasi hasil penelitian, dan penyusunan naskah artikel ilmiah. Rieka Nurul Dwi Anggraeni berperan dalam supervisi, *editing* dan penyempurnaan naskah.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik secara finansial maupun nonfinansial, yang dapat memengaruhi pelaksanaan penelitian, analisis dan interpretasi data, serta penyusunan dan publikasi artikel ilmiah ini. Seluruh proses penelitian dilaksanakan secara independen dengan menjunjung tinggi prinsip objektivitas, integritas, dan etika akademik.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI

Penulis menyatakan bahwa teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) digunakan secara terbatas untuk membantu penyempurnaan tata bahasa, struktur kalimat, dan kejelasan penyajian naskah. Penggunaan AI tidak menggantikan peran penulis dalam pengembangan gagasan, analisis data, interpretasi hasil, maupun penarikan kesimpulan penelitian. Penulis telah melakukan peninjauan dan verifikasi terhadap isi naskah serta bertanggung jawab penuh atas keakuratan, orisinalitas, dan integritas ilmiah artikel ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada tim mahasiswa yang membantu dalam penyusunan artikel review ini. Terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu dalam penyusunan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

Annisa, N., Barliana, M. I., Santoso, P., & Ruslami, R. (2022). Transporter and Metabolizer Gene Polymorphisms Affect Fluoroquinolone Pharmacokinetic Parameters. *Frontiers in Pharmacology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1063413

Barberán, J., De La Cuerda, A., González, M. I. T., Aparicio, A. L., Vinuesa, C. M., Sánchez, A. R., & Barberán, L. C. (2024). Safety of Fluoroquinolones. *Revista Espanola de Quimioterapia*, *37*(2), 127–133. https://doi.org/10.37201/req/143.2023

Cilloniz, C., Dela Cruz, C. S., & Dy-Agra, G. (2024). World Pneumonia Day 2024: Fighting Pneumonia and Antimicrobial Resistance. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *210*(11), 1283–1285. https://doi.org/10.1164/rccm.202408-1540ED

Dao, T. H., Echlin, H., McKnight, A., Marr, E. S., Junker, J., Jia, Q., Hayden, R., van Opijnen, T., Isberg, R. R., Cooper, V. S., & Rosch, J. W. (2024). Streptococcus pneumoniae favors Tolerance via Metabolic Adaptation Over Resistance to Circumvent Fluoroquinolones. *American Society for Microbiology*, *15*(2). https://doi.org/10.1128/mbio.02828-23

Drwiega, E. N., & Rodvold, K. A. (2022). Penetration of Antibacterial Agents into Pulmonary Epithelial Lining Fluid: An Update. *Clinical Pharmacokinetics*, *61*(1), 17–46. https://doi.org/10.1007-/s40262-021-01061-7

Du, X., Han, Y., Jian, Y., Chen, L., & Xuan, J. (2021a). Clinical Benefits and Cost-Effectiveness of Moxifloxacin as Initial Treatment for Community-Acquired Pneumonia: A Meta-Analysis and Economic Evaluation. *Clinical Therapeutics*, *43*(11), 1894-1909.e1. https://doi.org/10.1016/-j.clinthera.2021.03.006

Du, X., Han, Y., Jian, Y., Chen, L., & Xuan, J. (2021b). Clinical Benefits and Cost-Effectiveness of Moxifloxacin as Initial Treatment for Community-Acquired Pneumonia: A Meta-Analysis and Economic Evaluation. *Clinical Therapeutics*, *43*(11), 1894-1909.e1. https://doi.org/10.1016/-j.clinthera.2021.03.006

El-sagheir, A. M. K., Wenzel, M., & Yli-Kauhaluoma, J. (2025). Fluoroquinolones as Versatile Scaffolds: Potential for Targeting Classical and Novel Mechanisms to Combat Antibacterial Resistance. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, *214*. https://doi.org/10.1016-/j.ejps.2025.107247

Finazzi, S., Luci, G., Olivieri, C., Langer, M., Mandelli, G., Corona, A., Viaggi, B., & Di Paolo, A. (2022). Tissue Penetration of Antimicrobials in Intensive Care Unit Patients: A Systematic Review—Part I. *Antibiotics*, *11*(9). https://doi.org/10.3390/antibiotics11091164

GBD. (2025). Global Burden of Lower Respiratory Infections and Aetiologies, 1990–2023: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *The Lancet Infectious Diseases*. https://doi.org/10.1016/s1473-3099(25)00689-9

Geremia, N., Giovagnorio, F., Colpani, A., De Vito, A., Botan, A., Stroffolini, G., Toc, D. A., Zerbato, V., Principe, L., Madeddu, G., Luzzati, R., Parisi, S. G., & Di Bella, S. (2024). Fluoroquinolones and Biofilm: A Narrative Review. In *Pharmaceuticals* (Vol. 17, Number 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/ph17121673

Guo, I. J., Maximos, M., & Gamble, J.-M. (2024). Examining Hypoglycemia Risk with Systemic Fluoroquinolone Use: A Systematic Review and Meta-Analysis. *CMI Communications*, *1*(2), 105038. https://doi.org/10.1016/j.cmicom.2024.105038

Jonville-Béra, A. P., Largeau, B., di Meglio, F., & Pariente, A. (2025). The Safety Profile of Fluoroquinolones. *Infectious Diseases Now*, *55*(4). https://doi.org/10.1016/j.idnow.2025.105064

Kato, H. (2024). Antibiotic Therapy for Bacterial Pneumonia. *Journal of Pharmaceutical Health Care and Sciences*, *10*(1). https://doi.org/10.1186/s40780-024-00367-5

Li, S., Li, L., Wang, S., & Wu, H. (2025). Clinical Characteristics and Risk Factors of Hospital Mortality in Elderly Patients with Community-Acquired Pneumonia. *Frontiers in Medicine*, *12*. https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1512288

Liao, S. H., Hu, S. Y., How, C. K., Hsieh, V. C. R., Chan, C. M., Chiu, C. S., & Hsieh, M. S. (2022). Risk for Hypoglycemic Emergency with Levofloxacin Use, A Population-Based Propensity Score Matched Nested Case-Control Study. *PLoS ONE*, *17*(4 April). https://doi.org/10.1371-/journal.pone.0266471

Metlay, J. P., Waterer, G. W., Long, A. C., Anzueto, A., Brozek, J., Crothers, K., Cooley, L. A., Dean, N. C., Fine, M. J., Flanders, S. A., Griffin, M. R., Metersky, M. L., Musher, D. M., Restrepo, M. I., & Whitney, C. G. (2019). Diagnosis and treatment of adults with community-acquired pneumonia. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *200*(7), E45–E67. https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1581ST

Muanda, F. T., Sood, M. M., Weir, M. A., Sontrop, J. M., Ahmadi, F., Yoo, E., Kim, R. B., Silverman, M. S., Knoll, G. A., & Garg, A. X. (2022). Association of Higher-Dose Fluoroquinolone Therapy With Serious Adverse Events in Older Adults With Advanced Chronic Kidney Disease. *JAMA Network Open*, *5*(8), e2224892. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.24892

Rusu, A., Munteanu, A. C., Arbănași, E. M., & Uivarosi, V. (2023). Overview of Side-Effects of Antibacterial Fluoroquinolones: New Drugs versus Old Drugs, a Step Forward in the Safety Profile? *Pharmaceutics*, *15*(3). https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030804

Sidamo, T., Rao, P. S., Aklillu, E., Shibeshi, W., Park, Y., Cho, Y. S., Shin, J. G., Heysell, S. K., Mpagama, S. G., & Engidawork, E. (2022). Population Pharmacokinetics of Levofloxacin and Moxifloxacin, and the Probability of Target Attainment in Ethiopian Patients with Multidrug-Resistant Tuberculosis. *Infection and Drug Resistance*, *15*, 6839–6852. https://doi.org/10.2147/IDR.S389442

Täubel, J., Prasad, K., Rosano, G., Ferber, G., Wibberley, H., Cole, S. T., Van Langenhoven, L., Fernandes, S., Djumanov, D., & Sugiyama, A. (2020). Effects of the Fluoroquinolones Moxifloxacin and Levofloxacin on the QT Subintervals: Sex Differences in Ventricular Repolarization. *Journal of Clinical Pharmacology*, *60*(3), 400–408. https://doi.org/10.1002/jcph.1534

Teng, G. L., Chi, J. Y., Zhang, H. M., Li, X. P., & Jin, F. (2023). Oral vs. Parenteral Antibiotic Therapy in Adult Patients with Community-Acquired Pneumonia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, *32*, 88–97. https://doi.org/10.1016/j.jgar.2022.12.010

Tse, J., Near, A. M., Cheng, M., Karichu, J., Lee, B., & Chang, S. N. (2022). Outpatient Antibiotic and Antiviral Utilization Patterns in Patients Tested for Respiratory Pathogens in the United States: A Real-World Database Study. *Antibiotics*, *11*(8). https://doi.org/10.3390/antibiotics11081058

Wang, M., Zhang, J., Wang, X., Wang, Q., Wang, L., Zhuang, H., & Liu, A. (2025). Comparison of initial empirical antibiotic regimens in severe community-acquired pneumonia: a network meta-analysis. *BMC Pulmonary Medicine*, *25*(1). https://doi.org/10.1186/s12890-025-03695-w

Xu, L. Y., Wang, C. C., Peng, X. X., Jiao, Y., Zhao, C. Z., Zhang, L., & Ma, L. (2022). Empirical Antibiotic Treatment Strategies for Community-Acquired Pneumonia: A Network Meta-Analysis. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, *30*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.jgar.2022.05.009