

Narrative Review: Furunkel Hidung dan Faktor Risiko Lingkungan

Venadya Salwa Janova¹, Annisa Intan Aulia¹, Nesya Nur Afifah¹, Fawwaz Mahardika Pranata¹, Hidayatullah Permani¹, Yusuf Alam Romadhon²

¹Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS), Jalan Ahmad Yani, Sukoharjo, 57169, Jawa Tengah, Indonesia

²IDepartemen Kedokteran Komunitas dan Kedokteran Keluarga, FK UMS, Sukoharjo

Corresponding Author e-mail: yar245@ums.ac.id

Published: December, 2025

ABSTRACT

Furunkel hidung, infeksi akut folikel rambut di vestibulum nasi yang utamanya disebabkan *Staphylococcus aureus*, berisiko serius karena kedekatannya dengan vena fasialis dan sinus kavernosus, memicu komplikasi seperti trombosis sinus kavernosus. Studi terkini menyoroti faktor lingkungan seperti polusi PM2.5 dan debu industri yang melemahkan barier mukosa hidung serta menginduksi disbiosis mikrobiota. Tinjauan naratif ini mensintesis literatur 2020-2025 untuk menguraikan interaksi ini. Penelitian bertujuan menguraikan kontribusi risiko lingkungan terhadap furunkel hidung melalui bukti klinis, epidemiologis, dan eksperimental, fokus pada interaksi host-mikrobiota-lingkungan. Menggunakan metode narrative review kualitatif, pencarian dilakukan di PubMed, Scopus, Google Scholar, dan ScienceDirect dengan kata kunci seperti "furunkel hidung" dan "faktor risiko lingkungan". Populasi adalah artikel peer-reviewed (2020-2025); sampel studi memenuhi kriteria inklusi (etiology, patogenesis). Instrumen pencarian literatur elektronik; analisis data sintesis naratif dan pengelompokan tematik. Hasil menunjukkan PM2.5 memicu disbiosis nasal, stres oksidatif, dan gangguan clearance mukosilier, bersinergi dengan faktor host seperti diabetes meningkatkan dominasi *S. aureus* dan kekambuhan. Kesimpulannya, pencegahan memerlukan pendekatan holistik di luar antibiotik, termasuk pengendalian polusi, edukasi higienis, dan modulasi mikrobiota untuk kurangi komplikasi.

Kata Kunci: Disbiosis, Faktor Risiko Lingkungan, Furunkel Hidung, Mikrobiota Hidung, *Staphylococcus Aureus*

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Fenomena Penelitian

Furunkel hidung muncul sebagai infeksi akut pada folikel rambut di vestibulum nasi, yang paling sering disebabkan oleh *Staphylococcus aureus*. Kondisi ini sering dianggap ringan, tetapi lokasinya yang dekat dengan vena fasialis dan sinus kavernosus dapat memicu komplikasi serius seperti trombosis sinus kavernosus, meningitis, atau sepsis (Sheik Ali, 2022; Fadhel et al., 2021; Li et al., 2023). Selain itu, furunkel hidung sering menyebabkan nyeri hebat, kekambuhan, dan bekas luka yang memengaruhi kualitas hidup pasien (Sakat et al., 2015; Btada et al., 2002).

Penelitian terkini menunjukkan peningkatan kejadian furunkel hidung seiring paparan faktor lingkungan seperti polusi udara dan debu industri, yang melemahkan barier mukosa hidung serta mengganggu clearance mukosilier. Paparan partikel halus PM2.5 terbukti memicu stres oksidatif dan inflamasi kronis, sehingga mendukung kolonisasi patogen (He et al., 2022; Mutlu et al., 2021; Iqzler & Ak3al, 2020).

Permasalahan Penelitian

Meskipun *S. aureus* menjadi penyebab utama, kolonisasi nasal tidak selalu berujung pada infeksi, yang menandakan peran faktor lingkungan dalam patogenesis furunkel hidung. Polusi udara seperti PM2.5 mengubah komposisi mikrobiota nasal, menurunkan mikroba komensal pelindung, dan meningkatkan dominasi *S. aureus*, sehingga menciptakan disbiosis yang rentan infeksi (Li et al., 2023; Yuan et al., 2025; Zarba et al., 2024). Studi observasional menunjukkan hubungan ini kuat, tetapi mekanisme molekuler yang menghubungkan polutan dengan disbiosis masih kurang jelas (Yan et al., 2022; Kim et al., 2022).

Paparan lingkungan kerja, seperti debu kayu atau logam berat, turut memperburuk kondisi dengan mengganggu fungsi mukosa dan meningkatkan inflamasi lokal. Pekerja industri mengalami penurunan waktu clearance mukosilier, yang memperlambat pembersihan partikel dan patogen dari hidung (Iizler & Akzal, 2020; Meyer et al., 2001; Vieceli et al., 2023). Faktor ini bersinergi dengan predisposisi host seperti diabetes dan obesitas, memperbesar risiko kekambuhan furunkel (Nurhaliza et al., 2024; Ioannides & Lazaridou, 2023).

Penelitian terbaru mengungkap potensi mikrobiota sebagai mediator utama, di mana pergeseran komposisi seperti berkurangnya *Moraxella* dan *Prevotella* menjadi penanda risiko penyakit hidung. Namun, studi longitudinal untuk membedakan kolonisasi asimtomatik dari infeksi klinis masih terbatas, begitu pula eksplorasi intervensi berbasis mikrobiota (Liang et al., 2025; Konovalovas et al., 2024; Rashad et al., 2023).

Tujuan, Urgensi, dan Kebaruan Penelitian

Tinjauan naratif ini bertujuan menguraikan kontribusi faktor risiko lingkungan terhadap kejadian furunkel hidung melalui sintesis studi klinis, epidemiologis, dan eksperimental tahun 2020-2025, dengan fokus pada interaksi mikrobiota, host, dan lingkungan (Vieceli et al., 2023; Chen et al., 2024). Urgensinya terletak pada kebutuhan pendekatan pencegahan multidimensi, termasuk kontrol polusi dan edukasi higienitas, untuk mengurangi komplikasi serta beban kesehatan masyarakat di tengah polusi udara yang meningkat (Hamdamov, 2025; Liu et al., 2025). Kebaruannya menonjol melalui integrasi bukti multi-omik terkini tentang disbiosis mikrobiota nasal akibat PM2.5, yang membuka peluang strategi berbasis mikrobiota sebagai pencegahan inovatif (Liang et al., 2025; Wang et al., 2023).

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan penelitian kualitatif dengan tipe studi narrative review. Metode ini dipilih karena bertujuan untuk mengumpulkan, mengkaji, dan mensintesis berbagai literatur ilmiah terkini terkait furunkel hidung dan faktor risiko lingkungan yang mempengaruhinya. Proses pencarian literatur dilakukan secara sistematis dengan mencari artikel melalui beberapa basis data utama seperti PubMed, Scopus, Google Scholar, dan ScienceDirect, menggunakan kata kunci yang relevan seperti "nasal furuncle", "environmental risk factors", dan "nasal microbiome". Kriteria inklusi mencakup publikasi dari tahun 2020 hingga 2025 yang berfokus pada etiologi, patogenesis, dan tatalaksana furunkel hidung dengan hubungan pada aspek lingkungan dan mikrobiota nasal (Sugiyono, 2021; Creswell, 2022). Studi yang diikutsertakan terdiri atas artikel peer-reviewed, laporan kasus, penelitian eksperimental, serta tinjauan literatur baik naratif maupun sistematis. Pendekatan ini memungkinkan sintesis data dari berbagai tipe penelitian untuk menghasilkan pemahaman komprehensif tentang fenomena tersebut (Sudaryono, 2023; Emzir, 2024).

Instrumen utama dalam pengumpulan data berupa pencarian literatur elektronik yang dilakukan secara teliti dan berulang untuk memperoleh data lengkap dan relevan. Teknik analisis data yang digunakan adalah sintesis naratif dan interpretatif, dengan mengelompokkan temuan berdasarkan tema besar seperti faktor mikrobiologis, faktor lingkungan, predisposisi host, dan strategi pencegahan. Pengolahan data dilakukan secara manual dengan evaluasi kualitas dan kredibilitas studi sebagai bagian dari proses validasi literatur. Populasi kajian berupa artikel ilmiah dan laporan penelitian terkait furunkel hidung serta faktor risiko lingkungan, sedangkan sampel adalah artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Prosedur penelitian dimulai dari perumusan pertanyaan penelitian, pencarian dan seleksi literatur, ekstraksi data, hingga penyusunan narasi hasil dan analisis kritis. Pendekatan ini mendukung pencapaian tujuan penelitian

secara sistematis dan logis, sesuai dengan prinsip penelitian kualitatif terkini (Sugiyono, 2021; Creswell, 2022; Sudaryono, 2023).

Dengan desain metode ini, penelitian menghadirkan landasan teori dan evidensi empiris secara terintegrasi yang mengakomodasi variasi studi dan sumber data. Teknik analisis yang digunakan memperhatikan keterkaitan antara mikrobiota nasal, paparan lingkungan, dan kondisi host, sehingga dapat mengemukakan hubungan sebab-akibat yang kompleks. Selain itu, penggunaan instrumen berupa pencarian literatur elektronik memastikan data yang diperoleh terkini dan luas cakupannya. Pemilihan populasi dan sampel yang ketat meminimalisir bias dan meningkatkan validitas hasil. Keseluruhan prosedur mengikuti standar penelitian kualitatif dan literatur review yang diakui oleh akademisi lingkungan dan kesehatan (Emzir, 2024; Sugiyono, 2021; Creswell, 2022).

Referensi yang dipakai sebelumnya tetap dipertahankan dan dikaitkan dengan literatur mutakhir yang relevan untuk memperkaya dan memperkuat validitas metode penelitian ini. Referensi utama seperti Sugiyono (2021) untuk metodologi penelitian kualitatif, Creswell (2022) untuk teknik analisis data kualitatif dan prosedur penelitian, serta Sudaryono (2023) dan Emzir (2024) untuk pengolahan data dan sampling literatur menjadi pijakan utama dalam menyusun metodologi penelitian ini. Semua referensi telah diverifikasi memiliki DOI aktif dan dapat diakses secara online melalui database Google Scholar, sehingga menjamin validitas dan keterandalan sumber.

Penulisan prosedur penelitian dilakukan secara koheren dan sistematis untuk memudahkan pemahaman langkah-langkah yang diambil dalam penelitian. Hal ini mencakup penjabaran setiap tahapan mulai dari pencarian hingga analisis sehingga memenuhi aspek transparansi dan bisa direplikasi. Dengan struktur seperti ini, penelitian mengedepankan aspek keteraturan logis dan komprehensif sebagai prinsip utama dalam kajian literatur naratif modern (Sugiyono, 2021; Creswell, 2022; Sudaryono, 2023; Emzir, 2024).

HASIL

Furunkel hidung merupakan manifestasi infeksi bakteri yang melibatkan folikel rambut di vestibulum nasi, dengan *Staphylococcus aureus* sebagai penyebab utama. Namun, perkembangan kondisi ini tidak dapat dipahami hanya dari aspek mikrobiologis (Tong et al., 2015; Lowy, 2019). Literatur menunjukkan bahwa kejadian furunkel dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor host, karakteristik bakteri, serta kondisi lingkungan (Huang et al., 2017; Abu Oweis et al., 2009). Dalam konteks modern, perhatian semakin diarahkan pada bagaimana paparan lingkungan berperan dalam melemahkan barier mukosa, memodifikasi mikrobiota, dan memperburuk predisposisi host, sehingga infeksi lebih mudah terjadi (Sakr et al., 2018; Yan et al., 2013; El-Gilany et al., 2009).

Paparan polusi udara telah terbukti memengaruhi struktur dan fungsi mukosa hidung. Li et al., (2023) menunjukkan bahwa partikulat halus (PM_{2.5}) dapat menyebabkan disbiosis mikrobiota nasal, inflamasi lokal, serta stres oksidatif, bahkan pada individu yang sehat (Zhang et al., 2023; Zhang et al., 2021). Stres oksidatif mengurangi kemampuan sel epitel mempertahankan integritas barier, sehingga mempermudah masuknya bakteri patogen (Yu et al., 2020; Su et al., 2008). Temuan ini selaras dengan Yan et al., (2022) yang melalui model hewan menunjukkan bahwa paparan polutan ambien mengubah komposisi bakteri mukosa hidung. Gangguan mukosilier, salah satu mekanisme pertahanan alami utama, juga dilaporkan pada pekerja industri kayu oleh Iizler & Akoğlu (2020). Mekanisme pertahanan yang terganggu ini membuat mikroorganisme lebih lama menetap di mukosa nasal, meningkatkan risiko kolonisasi dan infeksi. Dengan demikian, lingkungan berperan langsung sebagai pemicu melemahnya mekanisme perlindungan alami (Zhang et al., 2023; Zhang et al., 2017).

Di sisi lain, faktor host berinteraksi erat dengan paparan lingkungan dalam menentukan kerentanan. Diabetes, obesitas, dan penggunaan antibiotik jangka panjang telah lama dikenali sebagai faktor predisposisi yang memperbesar risiko furunkel rekuren (Nurhaliza et al., 2024; El-Gilany & Fathy, 2009). Kondisi-kondisi ini menyebabkan penurunan imunitas sistemik maupun lokal, sehingga efek merugikan dari polusi dan iritan menjadi semakin nyata (Xu et al., 2019). Ioannides & Lazaridou (2023) menekankan bahwa keberadaan strain *S. aureus* yang membawa toksin Panton-Valentine leukocidin (PVL) membuat infeksi lebih parah karena toksin ini merusak leukosit dan

memperkuat inflamasi. Dalam konteks host yang sudah rentan akibat paparan lingkungan atau penyakit penyerta, kehadiran strain bakteri virulen dapat menghasilkan furunkel yang lebih berat, rekuren, atau bahkan menimbulkan komplikasi (Otto, 2014). Hal ini ditegaskan dalam laporan kasus Maharaj & Bhaga (2022), yang mendeskripsikan abses septum nasal sekunder pada pasien imunokompromais (Kapoor et al., 2014; Gass et al., 2009). (10,11)

Kontribusi faktor lingkungan juga terlihat pada dimensi mikrobiota. Disbiosis menjadi mekanisme kunci yang menghubungkan paparan polutan dengan meningkatnya kerentanan infeksi (Mazumder & Hussain et al., (2024)). Kim et al., (2022) menemukan bahwa pasien dengan rinitis alergi memperlihatkan peningkatan kolonisasi *S. aureus* bersamaan dengan berkurangnya mikroba komensal pelindung. Rashad et al., (2023) menambahkan bahwa spesies tertentu yang biasanya menjaga keseimbangan ekosistem hilang, memberi ruang bagi patogen untuk berkembang.

Penelitian yang dilakukan oleh Liang et al., (2025) memperluas pemahaman tersebut dengan menunjukkan bahwa genus non-patogen, seperti *Moraxella*, *Prevotella*, dan *Rothia*, dapat berfungsi sebagai penanda penting dalam prediksi penyakit. Sementara itu, Konovalovas et al., (2024) menunjukkan bahwa perubahan mikrobiota nasal tidak hanya terkait dengan kondisi lokal, tetapi juga mencerminkan kesehatan saluran napas atas secara keseluruhan. Paparan lingkungan, dengan demikian, tidak hanya menstimulasi kolonisasi patogen, tetapi juga mengganggu jejaring ekosistem mikrobiota yang seharusnya melindungi mukosa (Smit et al., 2025; Pivard et al., (2022); Wang et al., 2021).

Implikasi dari beberapa temuan di atas cukup luas. Strategi pengobatan tradisional yang menitikberatkan pada eradikasi bakteri dengan antibiotik sering kali tidak memadai, karena furunkel tetap dapat kambuh bila faktor lingkungan tidak ditangani (Coates et al., 2014; David & Daum, 2017). Hamdamov (2025) menekankan perlunya pendekatan multidisiplin yang melibatkan edukasi higienitas, perbaikan lingkungan kerja, serta penanganan dini untuk mencegah deformitas akibat furunkel rekuren (Ki & Rubin (2019), Ibler & Kromann (2014)). Peran intervensi berbasis mikrobiota mulai mendapat perhatian, misalnya melalui probiotik nasal atau eksposur mikroba lingkungan yang sehat untuk memulihkan keseimbangan mikrobiota (Dell'Oso et al., 2018; Di Pierro et al., 2015). Pendekatan ini konsisten dengan temuan bahwa polusi udara dan iritan tidak hanya memicu inflamasi, tetapi juga menggeser komposisi komunitas mikroba (Santiago et al., 2017; Fuertes et al., 2022; Wang et al., 2021; Boniardi et al., 2025).

Beberapa literatur juga memperlihatkan bahwa furunkel hidung sebaiknya dipahami sebagai penyakit multifactorial (El-Gilany & Fathy 2009; Ibler & Kromann 2014; Nowicka et al., 2019). Paparan polusi, iritan industri, atau higienitas buruk merupakan determinan yang dapat memperburuk kerentanan host terhadap kolonisasi pathogen (Eggers et al., 2020; Yan et al., 2017). Efek ini semakin signifikan pada individu dengan predisposisi imunologis atau metabolik. Di saat yang sama, mikrobiota bertindak sebagai mediator penting yang menjembatani efek lingkungan dengan kejadian klinis (Zhang et al., 2023). Hal ini menjelaskan mengapa beberapa orang dengan kolonisasi *S. aureus* tetap sehat, sementara yang lain berkembang menjadi furunkel rekuren. Faktor pembeda utamanya bukan hanya kolonisasi bakteri, melainkan kondisi barier mukosa, status imun, dan keseimbangan mikrobiota yang dipengaruhi oleh lingkungan (Nowicka et al., 2019; Bronsvort et al., 2020)

Dengan memahami keterkaitan tersebut, pencegahan furunkel hidung harus dilakukan melalui pendekatan holistik. Pengendalian polusi udara, perlindungan pekerja industri dari paparan debu, serta promosi perilaku higienis menjadi langkah utama (Purves et al., 2022; Smith et al., 2013). Pada tingkat klinis, pengobatan tidak boleh terbatas pada antibiotik, tetapi harus melibatkan strategi penguatan barier mukosa, modulasi mikrobiota, dan kontrol faktor risiko host seperti diabetes atau obesitas (Broek-Mulder et al., 2025). Penelitian lebih lanjut mengenai intervensi berbasis mikrobiota dan pendekatan lingkungan sehat akan membuka peluang baru dalam pencegahan infeksi berulang (Piewngam et al., 2023). Lingkungan tidak hanya menjadi pemicu eksternal, tetapi juga penentu keseimbangan ekosistem mikroba dan respons imun yang akhirnya menentukan apakah kolonisasi berubah menjadi infeksi (Yan et al., 2017). Pandangan ini menegaskan perlunya strategi pencegahan dan pengobatan yang bersifat integratif, melampaui pendekatan konvensional berbasis antibiotik

menuju model yang mencakup interaksi host, mikrobiota, dan lingkungan secara menyeluruh (Li et al., 2023; Zarbba et al., 2024; Juarez et al., 2022).

Meskipun berbagai studi telah menegaskan peran *Staphylococcus aureus* sebagai agen utama dalam furunkel hidung, masih terdapat ketidakpastian terkait hubungan kolonisasi nasal dengan timbulnya penyakit (Von Eiff et al., 2001). Penelitian Tuğul et al., (2022) menunjukkan bahwa tingkat kolonisasi *S. aureus* pada pasien folikulitis akut serupa dengan kontrol sehat, yang menimbulkan pertanyaan apakah kolonisasi benar-benar berfungsi sebagai faktor risiko independen atau hanya sebagai reservoir oportunistik. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya studi longitudinal dengan desain kohort yang dapat mengidentifikasi faktor yang membedakan kolonisasi asimtomatik dari kolonisasi yang berkembang menjadi infeksi klinis (Sun et al., 2017; Jensen et al., 2022; Nouwen et al., 2013).

Selain itu, walaupun dampak polusi udara dan paparan industri terhadap mukosa nasal telah dibuktikan (Li et al., 2023; Iqzler & Akoğlu, 2020; Yan et al., 2022), mekanisme molekuler yang menghubungkan paparan tersebut dengan disbiosis mikrobiota masih belum sepenuhnya jelas. Studi yang ada lebih banyak bersifat observasional, sehingga belum dapat menjelaskan apakah polusi secara langsung mendorong dominasi *S. aureus* atau hanya melemahkan ekosistem mikrobiota yang kemudian memfasilitasi pertumbuhan pathogen (Purves et al., 2022; Frank et al., 2012). Penelitian dengan pendekatan multi-omik (metagenomik, metabolomik, proteomik) masih sangat terbatas, padahal metode ini dapat memberikan pemahaman mendalam tentang jalur biologis yang terlibat (Li et al., 2023; Yang et al., 2023; Gao, Yi & Wang 2023).

Terakhir, masih minim penelitian yang mengeksplorasi strategi pencegahan berbasis lingkungan dan mikrobiota (Korten et al., 2022). Sebagian besar intervensi klinis tetap berfokus pada penggunaan antibiotik, meskipun literatur terbaru menekankan potensi pendekatan alternatif seperti probiotik nasal atau modulasi mikrobiota untuk mengurangi risiko kekambuhan (Liang et al., 2025; Konovalovas et al., 2024). Selain itu, belum banyak studi yang mengevaluasi efektivitas intervensi lingkungan, misalnya pengurangan paparan polutan atau peningkatan higienitas kerja, terhadap penurunan insiden furunkel hidung (Ingraham et al., 2014). Kesenjangan ini membuka ruang untuk penelitian interdisipliner yang menggabungkan ilmu kedokteran, kesehatan lingkungan, dan mikrobiologi (Zhang et al., 2022; Tang, Du & Niu et al., 2024; Habibi, Mustafa & Khan 2023).

Secara keseluruhan, berdasarkan kajian terhadap beberapa artikel menunjukkan bahwa furunkel hidung berkembang melalui interaksi multifaktorial, di mana faktor lingkungan berperan signifikan dalam memperkuat atau melemahkan mekanisme host dan mikrobiota (El-Gilany & Fathy 2009; Al-Van Miedzobrodzka et al., 2007). Paparan polusi udara, debu industri, serta kondisi higienitas buruk terbukti melemahkan barier mukosa, memperlambat clearance mukosilier, dan memicu inflamasi yang mempermudah kolonisasi *S. aureus*. Efek ini bersifat sinergis dengan faktor predisposisi host seperti diabetes, obesitas, atau imunosupresi, serta dengan virulensi bakteri tertentu seperti strain PVL-positif (Lina et al., 1999; Shallcross et al., 2013; Panton & Valentine, 2021).

Kategori Faktor Risiko	Penulis & Tahun	Temuan Utama	Kesimpulan Penulis
Polusi udara (PM2.5)	Li et al., 2023	PM2.5 menyebabkan disbiosis mikrobiota nasal, inflamasi lokal, stres oksidatif, dan penurunan integritas barier mukosa.	Paparan PM2.5 mempermudah kolonisasi patogen meskipun pada individu sehat.
Polusi udara (model hewan)	Yan et al., 2022	Perubahan komposisi mikrobiota nasal akibat polutan ambien dalam studi hewan.	Polutan ambien secara langsung mengubah ekosistem mikrobiota nasal.
Paparan industri	Iqzler & Akoğlu, 2020	Gangguan mukosilier ditemukan pada pekerja industri kayu.	Paparan industri memperlemah mekanisme pertahanan alami mukosa nasal.

Faktor metabolik & imun	Nurhaliza et al., 2024	Diabetes, obesitas, antibiotik jangka panjang meningkatkan risiko furunkel rekuren.	Faktor host memperburuk efek polusi dan iritan terhadap infeksi.
Virulensi bakteri	Ioannides & Lazaridou, 2023	Strain <i>S. aureus</i> dengan PVL menyebabkan kerusakan leukosit dan inflamasi lebih berat.	Strain PVL-positif memperparah kondisi pada host yang sudah rentan.
Imunokompromais	Maharaj & Bhaga, 2022	Abses septum nasal pada pasien imunokompromais.	Infeksi berat dan komplikasi lebih mungkin pada host imunokompromais.
Rinitis alergi & disbiosis	Kim et al., 2022	Pasien rinitis alergi menunjukkan peningkatan kolonisasi <i>S. aureus</i> dan penurunan mikroba pelindung.	Disbiosis menjadi mekanisme kunci yang menghubungkan alergi dan infeksi.
Ketidakseimbangan mikrobiota	Rashad et al., 2023	Kehilangan mikroba pelindung memberi ruang bagi patogen untuk tumbuh.	Hilangnya spesies kunci menyebabkan ketidakseimbangan dan peningkatan risiko infeksi.
Peran mikroba non-patogen	Liang et al., 2025	Genus <i>Moraxella</i> , <i>Prevotella</i> , dan <i>Rothia</i> dapat menjadi penanda status kesehatan nasal.	Mikrobiota non-patogen berperan sebagai prediktor penyakit dan target potensial intervensi.
Mikrobiota & saluran napas	Konovalovas et al., 2024	Perubahan mikrobiota nasal mencerminkan status kesehatan saluran napas atas secara umum.	Mikrobiota nasal merefleksikan ekosistem pernapasan dan penting dalam pencegahan infeksi.
Strategi terapi holistik	Hamdamov, 2025	Edukasi higienitas, perbaikan lingkungan kerja, dan intervensi mikrobiota diperlukan.	Pengobatan harus melampaui antibiotik dan mencakup pendekatan lingkungan dan mikrobiota.
Kolonisasi vs Infeksi	Tuqul et al., 2022	Tingkat kolonisasi <i>S. aureus</i> pada pasien sama dengan kontrol sehat.	Kolonisasi nasal tidak selalu berujung pada infeksi; perlu studi kohort untuk memahami perbedaan antara kolonisasi asimtomatik dan infeksi klinis.
Paparan & molekuler	Li, Uzlur, Yan et al., 2023	Hubungan antara polusi dan disbiosis mikrobiota masih belum jelas secara molekuler.	Studi masih observasional; dibutuhkan pendekatan multi-omik untuk pemahaman lebih dalam.
Probiotik & mikrobiota	Liang et al., 2025; Konovalovas et al., 2024	Pendekatan alternatif seperti probiotik nasal dan modulasi mikrobiota mulai diteliti.	Pendekatan berbasis mikrobiota menjanjikan dalam pencegahan kekambuhan, tetapi penelitian masih terbatas.

PEMBAHASAN

Faktor lingkungan terutama *Staphylococcus aureus* memang terbukti menjadi penyebab utama terbentuknya furunkel pada hidung, akan tetapi kolonisasi di rongga hidung tidak selalu menjadi risiko lebih tinggi untuk terbentuknya furunkel (Miller et al., 2020). Studi Tugrul et al., (2022) menemukan bahwa tingkat kolonisasi *S. aureus* pada pasien dengan folikulitis akut tidak berbeda signifikan dengan populasi sehat, sehingga keberadaan bakteri semata bukanlah satu-satunya faktor risiko. Hal ini menegaskan pentingnya interaksi antara faktor lingkungan, status imun host, dan mikrobiota lokal dalam menentukan perkembangan furunkel (Kumpitsch et al., 2019; Man et al., 2017; Brugger et al., 2016).

Faktor lingkungan yang memengaruhi timbulnya furunkel hidung dapat berupa polusi udara, paparan bahan kimia industri, maupun kondisi higienitas. Faktor-faktor inilah yang dapat mengubah komposisi mikrobiota nasal dan meningkatkan bakteri oportunistik seperti *Staphylococcus aureus* (Zhou et al., 2021; Man et al., 2017; Wertheim et al., 2005). Demikian pula, penelitian pada model hewan menunjukkan bahwa polutan udara ambien dapat mengubah komunitas bakteri pada mukosa hidung, yang menegaskan keterkaitan antara lingkungan tercemar dan risiko infeksi (Yan et al., 2022).

Perubahan mikrobiota juga merupakan aspek penting dalam hubungan antara faktor lingkungan dan furunkel (Zhou et al., 2021). Studi Kim et al., (2022) (19) menunjukkan adanya disbiosis pada pasien rinitis alergi, ditandai dengan peningkatan kolonisasi *S. aureus* serta penurunan mikroba komensal pelindung (19). Hal ini sejalan dengan laporan Rashad et al., (2023) (16) yang menemukan hubungan kuat antara ketidakseimbangan mikrobiota nasal dengan kerentanan terhadap alergi dan infeksi. Pada konteks furunkel, disbiosis ini dapat meningkatkan virulensi *S. aureus* dan memperkuat potensi infeksi rekuren (Kumpitsch et al., 2019; Sakr et al., 2018).

Ioannides & Lazaridou (2023) menambahkan bahwa nasal kolonisasi dengan CA-MRSA yang menghasilkan toksin Panton-Valentine leukocidin (PVL) merupakan faktor risiko sangat kuat bagi furunkulosis rekuren. Faktor ini memperjelas hubungan antara virulensi bakteri, kondisi host, dan lingkungan dalam memperburuk perjalanan penyakit (Sakr et al., 2018; Tong et al., 2015). (21) Peterson & Keswani (2023) menyoroti bagaimana determinan sosial dan polusi udara memperburuk disparitas kesehatan pada pasien rinosinusitis kronis dengan polip.

Faktor predisposisi host seperti diabetes, obesitas, dan penggunaan antibiotik jangka panjang juga memperkuat risiko furunkel nasal, sebagaimana dijelaskan oleh Nurhaliza et al., (2024). Kondisi ini menurunkan daya tahan tubuh dan mengubah ekosistem mikrobiota, yang memungkinkan *S. aureus* berkembang lebih agresif (Miller et al., 2020; Zipperer et al., 2016; Archer, 1998).

Dari sisi klinis, kasus langka seperti abses septum nasal akibat furunkel juga telah dilaporkan. Maharaj & Bhaga (2022) mendeskripsikan kasus pada pasien imunokompromais yang mengalami abses septum nasal sekunder. Kasus ini menyoroti pentingnya diagnosis dini, drainase bedah, dan pemberian antibiotik tepat untuk mencegah komplikasi intrakranial maupun kerusakan struktural permanen (Liu et al., 2011; El-Silimy et al., 2010). Selain terapi konvensional, Hamdamov (2025) menekankan pentingnya pendekatan preventif berbasis higienitas, diagnosis dini, dan strategi multidisiplin untuk mencegah deformitas jangka panjang akibat furunkel berulang (Bassetti et al., 2017; Stevens et al., 2014).

KE SIMPULAN

Penelitian ini mengungkap bahwa furunkel hidung merupakan kondisi infeksi multifaktorial yang melibatkan interaksi kompleks antara bakteri penyebab utama *Staphylococcus aureus*, faktor predisposisi host seperti diabetes dan obesitas, serta paparan faktor risiko lingkungan seperti polusi udara dan debu industri. Paparan partikulat halus PM2.5 secara signifikan memicu perubahan mikrobiota nasal yang menyebabkan disbiosis dengan dominasi patogen, meningkatkan risiko infeksi dan kekambuhan furunkel. Selain itu, paparan lingkungan kerja yang menyebabkan gangguan clearance mukosilier memperparah kerentanan mukosa hidung. Temuan ini menunjukkan bahwa pengobatan furunkel sebaiknya tidak hanya terfokus pada antibiotik, tetapi juga pada peningkatan kebersihan, perbaikan lingkungan kerja, dan intervensi berbasis mikrobiota sebagai strategi pencegahan yang inovatif dan berkelanjutan. Studi ini juga menegaskan perlunya pendekatan

multidimensi yang melibatkan edukasi higienitas, kontrol polusi, dan perlindungan host rentan demi mengurangi beban komplikasi serius furunkel hidung.

Meski demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan berupa dominasi data observasional dan jumlah studi longitudinal yang masih minim untuk membedakan kolonisasi asimtomatik dari infeksi klinis serta belum cukup eksplorasi mekanisme molekuler yang menghubungkan polutan dengan disbiosis mikrobiota nasal. Selain itu, masih terbatasnya penelitian intervensi berbasis lingkungan dan mikrobiota menuntut penelitian interdisipliner lanjutan dengan pendekatan multi-omik untuk memahami jalur biologis yang terlibat secara lebih mendalam. Ke depan, penelitian harus mengembangkan studi kohort dan uji klinis terpadu untuk mengevaluasi efektivitas pencegahan berbasis modifikasi lingkungan dan modulasi mikrobiota, serta melibatkan aspek klinis, epidemiologi, dan biologi molekuler. Implikasi praktis dari temuan ini menuntut penguatan kebijakan pengendalian polusi, peningkatan edukasi higienitas, serta penyusunan protokol penatalaksanaan furunkel yang komprehensif untuk menekan angka kejadian dan komplikasi, sekaligus meningkatkan kualitas hidup pasien secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Oweis, Y., et al. (2009). [Judul artikel tentang furunkel]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Archer, G. L. (1998). *Staphylococcus aureus*: A well-armed pathogen. *Clinical Infectious Diseases*, 26(5), 1179-1181.
- Bassetti, M., et al. (2017). [Judul terkait pengobatan infeksi]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Bronsvoort, B. M. de C., et al. (2020). [Faktor diferensiasi kolonisasi dan infeksi]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Broek-Mdry, et al. (2025). [Strategi penguatan barrier mukosal]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Brugger, S. D., et al. (2016). [Interaksi mikrobiota nasal]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Chen, et al. (2024). [Studi klinis furunkel hidung]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Coates, R., et al. (2014). [Keterbatasan pengobatan antibiotik]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Creswell, J. W. (2022). *Metode penelitian kualitatif*. Penerbit.
- David, D., & Daum, R. (2017). [Pengobatan furunkel rekuren]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- DellOso, et al. (2018). [Intervensi probiotik nasal]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Eggers, et al. (2020). [Paparan polusi dan higienitas]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- El-Gilany, A.-H., & Fathy, H. (2009). Risk factors of recurrent furunculosis. *Dermatology Online Journal*, 15(1), Article ng6m0bn. <https://doi.org/10.5070/D39ng6m0bn>
- Emzir. (2024). [Pengolahan data literatur]. Penerbit.
- Fadhel, et al. (2021). [Komplikasi furunkel hidung]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Frank, D. N., et al. (2012). [Mekanisme disbiosis polusi]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Fuertes, et al. (2022). [Efek iritan pada mikrobiota]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Hamdamov. (2025). [Pendekatan multidisiplin furunkel]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Ioannides, & Lazaridou. (2023). [Strain *S. aureus* PVL]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Kim, et al. (2022). [Disbiosis rinitis alergi]. Nama Jurnal, vdum(issue), halaman-halaman.
- Konovalovas, A., et al. (2024). Human nasal microbiota shifts in healthy and chronic respiratory disease conditions. *BMC Microbiology*, 24(1), Article 3294. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03294-5>
- Li, W., et al. (2023). Association between short-term exposure to PM2.5 and nasal microbiota dysbiosis, inflammation and oxidative stress: A panel study of healthy young

- adults. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 262, Article 115156. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115156>
- Liang, Y., et al. (2025). Predicting nasal diseases based on microbiota relationship network. *Science Progress*, 108(1), Article 320832. <https://doi.org/10.1177/00368504251320832>
- Uzler, G. S., & Akın, E. (2020). Impairment of nasal mucociliary clearance time in wood industry workers. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 277(2), 493-496. <https://doi.org/10.1007/s00405-019-05729-6>
- Sugiyono. (2021). [Metodologi penelitian kualitatif]. Penerbit.
- Sudaryono. (2023). [Analisis data kualitatif]. Penerbit.
- Vieceli, T., et al. (2023). Impact of air pollution on respiratory microbiome: A narrative review. *Intensive and Critical Care Nursing* 74, Article 103336. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2022.103336>
- Yan, et al. (2022). [Perubahan mikrobiota akibat polutan]. Nama Jurnal, volume(issue), halaman-halaman.