

Literature Review

Penyakit Infeksi Virus pada Manusia Aspek Etiologi, Patogenesis, dan Manifestasi Klinis

Siti Sabrina Salsabilla¹, Risma Pangestu Widhanar¹, Hazza Igor Sabilillah P. A. R¹, Eva Pupa Artha Paulina¹, Aldya Afdalya Wiratami¹, Kamelia Hadiani Deliana¹, Riqueza Narapati¹, Navisha Syahwa Ayugia¹, Aslahatul Auliya Junaidah¹, Khadijah Amelia Putri¹, Rivaldino Haryo Kusuma Werdana¹, Ayu Lidya Paramita²

- 1) Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surabaya
- 2) Departemen Mikrobiologi, Universitas Muhammadiyah Surabaya

ABSTRAK

Penyakit akibat paparan virus menjadi pemicu dominan morbiditas dan mortalitas dunia, dengan variasi manifestasi klinis dari infeksi ringan hingga kondisi yang mengancam jiwa. Virus sebagai parasit intraseluler obligat memiliki kemampuan bereplikasi cepat dan beradaptasi melalui mutasi, sehingga menyulitkan upaya pengendalian penyakit. Penularan infeksi virus dapat terjadi melalui berbagai jalur, termasuk respiratorik, kontak langsung, vektor, serta transmisi vertikal. Proses patogenesis melibatkan invasi virus ke sel inang, replikasi, serta respons imun yang dapat bersifat protektif maupun merusak jaringan. Manifestasi klinis sangat bervariasi tergantung jenis virus, organ target, dan status imun inang. Diagnosis infeksi virus memerlukan pendekatan klinis yang didukung pemeriksaan laboratorium dan penunjang untuk memastikan etiologi dan derajat keparahan penyakit. Penatalaksanaan difokuskan pada terapi suportif, penggunaan antivirus spesifik, pencegahan komplikasi, serta pengendalian penularan. Literature review ini bertujuan untuk mengkaji aspek etiologi, patogenesis, manifestasi klinis, diagnosis, dan penatalaksanaan penyakit infeksi virus pada manusia.

Kata Kunci : Penyakit Infeksi Virus, Etiologi Virus, Patogenesis, Manifestasi Klinis, Diagnosis, Penatalaksanaan

ABSTRACT

Pathologies associated with viral exposure represent a dominant determinant of global morbidity and mortality, exhibiting a spectrum of clinical presentations from minor infections to critical, life-endangering states. Viruses, as obligate intracellular parasites, have the ability to replicate rapidly and adapt through mutations, making disease control efforts challenging. Virus infection transmission can occur through various routes, including respiratory, direct contact, vectors, and vertical transmission. The pathogenesis process involves the invasion of viruses into host cells, replication, and immune responses that can be either protective or tissue-damaging. Clinical manifestations vary greatly depending on the type of virus, target organ, and the host's immune status. The diagnosis of virus infections requires a clinical approach supported by laboratory tests and additional examinations to determine the etiology and severity of the disease. Management focuses on supportive therapy, the application of specific antivirus, prevention of complications, and control of transmission. This literature

review aims to examine the aspects of etiology, pathogenesis, clinical manifestations, diagnosis, and management of virus infections in humans.

Keywords : *Virus Infectious Diseases, Virus Etiology, Pathogenesis, Clinical Manifestations, Diagnosis, Management*

Correspondence : ayu.lp@um-surabaya.ac.id

PENDAHULUAN

Penyakit akibat paparan virus diidentifikasi sebagai penyumbang signifikan terhadap angka kesakitan dan kematian dunia (Y. Li et al., 2022). Seiring dengan perkembangan globalisasi, mobilitas manusia yang tinggi, serta perubahan lingkungan dan iklim, risiko penyebaran penyakit infeksi virus semakin meningkat (Lim et al., 2023). Berbagai kejadian wabah dan pandemi yang disebabkan oleh virus, seperti influenza, Ebola, SARS, MERS, dan COVID-19, menunjukkan bahwa infeksi virus hingga kini terus menjadi tantangan krusial bagi sistem kesehatan pada skala internasional (Gebremichael et al., 2022). Menurut analisis epidemiologis, penyakit infeksi virus menyumbang secara signifikan terhadap angka kematian dan beban penyakit di berbagai negara (G B D, 2025). Pada 2021, infeksi virus termasuk COVID-19, hepatitis virus, HIV/AIDS, dengue, rabies dan Ebola diperkirakan menyumbang sekitar 8,7 juta kematian dan 259,2 juta DALYs sekitar 12,8% dari jumlah penyebab kematian dunia pada tahun yang sama (X. C. Li et al., 2024). Selain itu, penyakit virus yang ditularkan melalui vektor seperti dengue telah dilaporkan dengan jutaan kasus setiap tahun dan ribuan kasus berat yang mengancam jiwa di lebih dari 90 negara (Wulan, 2024).

Virus memiliki karakteristik biologis yang berbeda dibandingkan dengan agen infeksi lainnya, seperti bakteri atau parasit (Almeria et al., 2021). Virus merupakan organisme parasitik intraseluler obligat yang keberlangsungan hidup dan proses reproduksi sepenuhnya bergantung pada sel hidup milik inang (Koonin et al., 2022). Ketergantungan virus terhadap sel inang menyebabkan proses infeksi virus melibatkan interaksi antara virus dan sistem biologis manusia (Montoya et al., 2023). Interaksi ini menentukan keberhasilan infeksi, derajat keparahan penyakit, serta luaran klinis yang dialami pasien. Penyakit infeksi virus tidak dapat dilepaskan dari tiga aspek utama, yaitu etiologi, patogenesis, dan manifestasi klinis (Aghagoli et al., 2021; de Lima Cavalcanti et al., 2022). Etiologi berfokus pada identifikasi virus sebagai agen penyebab, karakteristik biologisnya, serta cara penularannya (Ma et al., 2021). Patogenesis menjelaskan mekanisme terjadinya penyakit mulai dari masuknya virus ke dalam tubuh hingga terjadinya kerusakan jaringan dan gangguan fungsi organ (Hansen, 2023). Manifestasi klinis merupakan hasil akhir dari proses patogenetik yang tampak dalam bentuk gejala dan tanda klinis pada pasien (Rahman et al., 2021).

Banyak faktor yang berkontribusi terhadap tingginya beban penyakit infeksi virus, termasuk globalisasi dan mobilitas manusia yang tinggi, perubahan iklim yang memperluas jangkauan vektor, rendahnya tingkat vaksinasi di beberapa negara, serta keterbatasan akses terhadap diagnostik dan perawatan yang memadai (Huang et al., 2023). Laporan terbaru dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menekankan pentingnya upaya pencegahan dan pengendalian infeksi untuk mengurangi penyebaran infeksi dan dampak klinisnya di masyarakat. Literature review ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif penyakit

infeksi virus pada manusia dengan menitikberatkan pada aspek etiologi, patogenesis, dan manifestasi klinis. Tinjauan ini dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik utama virus sebagai agen penyebab penyakit, memahami mekanisme biologis yang mendasari terjadinya infeksi dan kerusakan jaringan, serta menggambarkan variasi manifestasi klinis yang muncul akibat interaksi antara virus dan inang. Dengan mengintegrasikan temuan-temuan dari berbagai sumber ilmiah terkini, literature review ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang sistematis dan berbasis bukti mengenai penyakit infeksi virus, serta menjadi dasar pengetahuan yang relevan bagi mahasiswa dan praktisi kedokteran dalam menunjang proses diagnosis, penatalaksanaan, dan pencegahan penyakit infeksi virus.

TINJAUAN LITERATUR

Etiologi Penyakit Infeksi Virus pada Manusia

Etiologi penyakit infeksi virus berkaitan dengan virus sebagai agen penyebab penyakit serta faktor-faktor yang memungkinkan terjadinya infeksi pada manusia (Pardons et al., 2023). Virus merupakan mikroorganisme subseuler yang bersifat parasit intraseluler obligat, sehingga keberlangsungan hidup dan replikasinya sepenuhnya bergantung pada sel inang (Guo et al., 2023). Struktur virus yang relatif sederhana terdiri atas materi genetik berupa asam nukleat (DNA atau RNA) (Okada et al., 2021) sebagai materi genetik yang terbungkus oleh kapsid protein, dan pada beberapa virus disertai adanya selubung lipid (envelope) yang mengandung glikoprotein penting dalam proses infeksi (Theken et al., 2021). Penggolongan virus penyebab penyakit pada manusia didasarkan pada tipe asam nukleatnya, yang meliputi virus DNA dan RNA (Cheshomi et al., 2025). Virus RNA umumnya memiliki tingkat mutasi yang tinggi akibat keterbatasan mekanisme proofreading saat replikasi, sehingga mudah mengalami perubahan antigenik (Dadonaite et al., 2023). Kondisi ini berkontribusi terhadap munculnya varian baru, peningkatan virulensi, serta kemampuan virus untuk menghindari respons imun inang. Sebaliknya, virus DNA cenderung lebih stabil secara genetik dan dapat menetap dalam tubuh inang dalam bentuk infeksi laten, yang sewaktu-waktu dapat mengalami reaktivasi (Sanjuan & Domingo-Calap, 2021).

Penularan virus terjadi melalui berbagai mekanisme yang dipengaruhi oleh karakteristik biologis virus dan lingkungan. Jalur penularan meliputi transmisi respiratorik melalui droplet atau aerosol, kontak langsung dengan kulit atau mukosa, paparan cairan tubuh, asupan pangan atau air yang tercemar, kontak seksual, serta transmisi melalui vektor. Selain itu, transmisi vertikal dari ibu ke janin juga berperan dalam beberapa infeksi virus, yang dapat menyebabkan gangguan kongenital (Pascoal et al., 2023). Faktor inang memiliki peranan penting dalam etiologi penyakit infeksi virus. Status imun, usia ekstrem (neonatus dan lansia), status gizi, serta adanya penyakit penyerta dapat memengaruhi kerentanan terhadap infeksi dan keparahan penyakit. Faktor lingkungan seperti kepadatan penduduk, sanitasi yang buruk, dan keterbatasan akses layanan kesehatan turut berkontribusi terhadap peningkatan risiko penyebaran infeksi virus.

Patogenesis Penyakit Infeksi Virus

Patogenesis penyakit infeksi virus merupakan rangkaian proses biologis yang terjadi sejak virus masuk ke dalam tubuh hingga munculnya kerusakan jaringan dan gangguan fungsi organ (Whitley, 2023). Tahap awal patogenesis dimulai dari paparan virus dan masuknya virus ke dalam tubuh melalui portal masuk tertentu. Keberhasilan infeksi sangat ditentukan oleh kemampuan virus untuk mencapai sel target dan berikatan dengan reseptor spesifik di permukaan sel inang (Dufloo et al., 2025). Setelah perlekatan, virus akan melakukan penetrasi dan uncoating, yaitu pelepasan materi genetik virus ke dalam sitoplasma atau inti sel. Materi genetik ini kemudian mengalami replikasi dan transkripsi dengan memanfaatkan enzim dan struktur sel inang. Proses replikasi virus yang masif dapat menyebabkan kerusakan sel secara langsung melalui lisis sel, induksi apoptosis, atau gangguan fungsi metabolik sel (Zhan et al., 2024).

Selain efek sitopatik langsung, patogenesis infeksi virus juga sangat dipengaruhi oleh respons imun inang (Yang, 2025). Sistem imun bawaan memberikan respons awal melalui produksi interferon, aktivasi sel natural killer, dan pelepasan sitokin proinflamasi. Respons ini bertujuan untuk membatasi replikasi virus dan mencegah penyebaran infeksi (Dalskov et al., 2023). Selanjutnya, sistem imun adaptif berperan melalui aktivasi limfosit T sitotoksik yang menghancurkan sel terinfeksi serta pembentukan antibodi oleh limfosit B. Pada kondisi tertentu, ketidakterkendalian respons imun dapat memicu dampak patologis berupa cedera pada jaringan. Pelepasan sitokin dalam jumlah besar dapat menimbulkan peradangan sistemik, peningkatan permeabilitas pembuluh darah, dan disfungsi organ. Mekanisme ini berperan dalam terjadinya komplikasi berat pada beberapa infeksi virus (Nie et al., 2025).

Manifestasi Klinis Penyakit Infeksi Virus

Manifestasi klinis penyakit infeksi virus merupakan ekspresi klinis dari mekanisme patogenetik dalam tubuh. Gejala klinis yang muncul bergantung pada organ target yang terinfeksi dan intensitas respons imun (Trifonova et al., 2025). Secara umum, infeksi virus menimbulkan gejala sistemik awal berupa demam, malaise, kelelahan, nyeri otot, dan penurunan nafsu makan, yang merupakan manifestasi respons inflamasi tubuh terhadap infeksi (Kyokha Ameen, 2025). Manifestasi klinis berkaitan dengan jaringan atau organ yang menjadi target utama virus. Infeksi virus pada saluran pernapasan dapat menimbulkan gejala ringan hingga berat, seperti batuk, pilek, sesak napas, dan gangguan pertukaran gas (Jiang et al., 2023). Infeksi virus pada saluran pencernaan dapat menyebabkan diare, mual, dan muntah, sedangkan infeksi virus hepatotropik dapat menyebabkan peradangan hati yang ditandai dengan ikterus dan gangguan fungsi hati. Infeksi virus pada sistem saraf pusat dapat menimbulkan gejala neurologis seperti kejang, gangguan kesadaran, atau defisit neurologis fokal (Lhomme et al., 2021).

Penularan Penyakit Infeksi Virus

Penularan penyakit infeksi virus merupakan proses perpindahan virus dari satu inang ke inang lain yang dipengaruhi oleh karakteristik biologis virus, reservoir, serta faktor lingkungan dan perilaku manusia (Tabatabaei et al., 2025). Jalur penularan yang beragam menyebabkan perbedaan pola epidemiologi, kecepatan penyebaran, dan tingkat keparahan wabah di

masyarakat. Salah satu jalur penularan yang paling umum adalah transmisi respiratorik melalui droplet dan aerosol (B. Cao et al., 2025). Patogen virus respiratori, termasuk influenza dan SARS-CoV-2, ditularkan melewati partikel cairan yang dikeluarkan saat batuk, bersin, berbicara, atau bernapas. Droplet berukuran besar cenderung jatuh ke permukaan dalam jarak dekat, sedangkan aerosol berukuran kecil dapat memiliki persistensi lebih lama di atmosfer, terutama dalam lingkungan tertutup dengan sirkulasi udara yang buruk (Bale et al., 2022; Delikhoon et al., 2021).

Mekanisme ini menjelaskan tingginya tingkat penularan penyakit respiratorik di lingkungan padat penduduk. Data WHO menunjukkan bahwa penularan melalui udara berperan besar dalam terjadinya wabah COVID-19, dengan ratusan juta kasus tercatat sejak 2020. Selain itu, transmisi virus dimungkinkan melalui interaksi langsung dengan cairan biologis tubuh, meliputi darah, saliva, dan cairan genital. Jalur ini berperan penting dalam penularan HIV, hepatitis B, dan hepatitis C. WHO melaporkan bahwa hingga 2024, lebih dari 300 juta individu terpapar hepatitis B atau C kronis, yang sebagian besar ditularkan melalui paparan darah dan hubungan seksual tanpa proteksi (Alfaro-Perez et al., 2025; Habibu et al., 2025).

Rute fekal-oral berperan penting dalam penyebaran virus, terutama yang menyerang sistem gastrointestinal, seperti rotavirus, norovirus, dan hepatitis A. Infeksi berlangsung melalui ingestasi makanan atau air yang tercemar tinja yang memuat virus. Jalur ini sangat berkaitan dengan sanitasi yang buruk dan sering menjadi penyebab wabah di daerah dengan akses air bersih yang terbatas (Zheng et al., 2025). Beberapa virus ditularkan melalui vektor, terutama nyamuk, seperti virus dengue, Zika, dan chikungunya. WHO melaporkan bahwa dengue menyebabkan ratusan juta infeksi setiap tahun dan telah menjangkau 100 negara lebih, dengan peningkatan insiden yang berkorelasi dengan perubahan iklim. Selain itu, terdapat transmisi vertikal, yaitu transmisi maternal ke janin yang berlangsung pada fase kehamilan, saat persalinan, atau selama menyusui. Virus seperti HIV, hepatitis B, dapat ditularkan secara vertikal dan berpotensi menyebabkan gangguan pertumbuhan, kelainan kongenital, atau infeksi kronis pada bayi (Tajik et al., 2024).

Respons Imun Inang terhadap Infeksi Virus

Respons imun inang terhadap infeksi virus merupakan mekanisme pertahanan tubuh yang bertujuan untuk mengenali, membatasi, dan mengeliminasi virus. Interaksi antara sistem imun bawaan dan adaptif memainkan peran penting dalam menentukan manifestasi klinis penyakit (Shen et al., 2023). Saat virus menginvasi tubuh, sel imun bawaan mendeteksi PAMPs melalui PRRs, termasuk TLRs (Rex et al., 2023). Aktivasi reseptor ini memicu sekresi interferon tipe I (IFN- α dan IFN- β) yang berfungsi menekan replikasi virus dan menginduksi keadaan antivirus pada sel di sekitarnya.

Selain interferon, sel natural killer (NK) berperan penting dalam menghancurkan sel yang terinfeksi virus, terutama pada fase awal infeksi sebelum respons imun adaptif terbentuk. Pelepasan sitokin dan kemokin proinflamasi membantu merekrut sel imun lain ke lokasi infeksi, namun juga dapat menyebabkan gejala sistemik seperti demam dan malaise. Menurut National Center for Biotechnology Information (NCBI), respons imun bawaan yang efektif dapat mengendalikan infeksi virus pada tahap awal dan mencegah penyebaran lebih lanjut.

Ketika sistem imun bawaan tidak mampu sepenuhnya mengeliminasi virus, sistem imun adaptif akan diaktifkan sebagai respons lanjutan yang bersifat antigen-spesifik dan memerlukan waktu beberapa hari hingga minggu untuk berkembang. Limfosit T sitotoksik (CD8⁺) bertanggung jawab dalam mengenali dan membunuh sel terinfeksi melalui antigen yang disajikan oleh MHC kelas I. Sementara itu, limfosit B mengalami diferensiasi menjadi sel plasma yang memproduksi antibodi spesifik guna menetralkan virus dan menghambat infeksi ulang (Lu et al., 2023).

Limfosit T helper (CD4⁺) berfungsi mengoordinasikan respons imun dengan melepaskan sitokin yang mendukung aktivasi sel B dan sel T lainnya. Keistimewaan sistem imun adaptif terletak pada pembentukan memori imunologis, yang berperan dalam meningkatkan kecepatan dan efektivitas respons terhadap paparan ulang virus. Prinsip ini menjadi dasar pengembangan vaksin. Namun demikian, respons imun yang tidak seimbang dapat menimbulkan dampak merugikan. Respons imun yang terlalu lemah dapat menyebabkan infeksi persisten, sedangkan respons yang berlebihan dapat memicu peradangan sistemik dan kerusakan organ, seperti yang terlihat pada fenomena badai sitokin (Ning et al., 2025). Oleh karena itu, keseimbangan respons imun sangat menentukan derajat keparahan penyakit dan prognosis pasien dengan infeksi virus.

Diagnosis Penyakit Infeksi Virus

Diagnosis penyakit infeksi virus merupakan tahapan dalam upaya penegakan diagnosis yang tepat, penentuan derajat keparahan penyakit, serta pemilihan strategi terapi dan tindakan pencegahan penularan. Diagnosis dilakukan melalui evaluasi klinis, pemeriksaan laboratorium, dan pemeriksaan penunjang, mengingat manifestasi klinis infeksi virus sering kali bersifat nonspesifik dan tumpang tindih dengan penyakit infeksi lainnya. Diagnosis klinis diawali dengan anamnesis yang rinci untuk menggali keluhan utama, perjalanan penyakit, riwayat pajanan terhadap individu terinfeksi, riwayat perjalanan ke daerah endemis, status imunisasi, serta faktor risiko seperti usia lanjut, penyakit komorbid, dan kondisi immunosupresi (L. Cao et al., 2025; Endo et al., 2025).

Pemeriksaan fisik dilakukan secara sistematis dengan fokus pada organ yang paling sering terdampak, seperti pemeriksaan saluran pernapasan pada dugaan infeksi virus respiratorik, pemeriksaan kulit dan mukosa pada infeksi virus dengan manifestasi ruam, serta pemeriksaan neurologis pada infeksi virus yang bersifat neurotropik. Namun, gejala umum seperti demam, malaise, batuk, dan nyeri otot sering kali tidak spesifik, sehingga diagnosis klinis saja belum cukup untuk memastikan etiologi virus dan memerlukan konfirmasi melalui pemeriksaan lanjutan.

Pemeriksaan laboratorium merupakan komponen utama dalam konfirmasi etiologi penyakit infeksi virus. Deteksi materi genetik virus melalui metode PCR atau NAAT menjadi standar emas karena memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi, terutama dalam mendeteksi infeksi pada fase awal penyakit, seperti pada infeksi SARS-CoV-2 (Tabatabaei et al., 2025; Theken et al., 2021). Selain itu, pemeriksaan serologi digunakan untuk menilai respons imun inang terhadap virus melalui deteksi antibodi IgM dan IgG, di mana IgM mengindikasikan infeksi akut, sedangkan IgG mencerminkan infeksi lampau atau imunitas pascainfeksi maupun vaksinasi. Pemeriksaan antigen cepat juga banyak digunakan karena kemudahan dan kecepatan hasil, meskipun sensitivitasnya relatif lebih rendah dibandingkan

PCR. Pada infeksi virus tertentu, seperti dengue dan hepatitis, diagnosis dapat ditegakkan melalui deteksi genom virus, antigen spesifik seperti NS1, isolasi virus, serta pemeriksaan serologi, yang pemilihannya disesuaikan dengan fase penyakit dan ketersediaan fasilitas laboratorium.

Selain pemeriksaan etiologis, pemeriksaan lain diperlukan untuk menilai dampak sistemik infeksi virus dan kemungkinan komplikasi. Pemeriksaan darah lengkap sering menunjukkan leukopenia atau trombositopenia pada beberapa infeksi virus. Pemeriksaan radiologis, seperti foto toraks atau CT scan, digunakan untuk mengevaluasi keterlibatan paru pada infeksi virus respiratorik. Pemeriksaan fungsi organ, seperti fungsi hati dan ginjal, juga penting untuk mendeteksi keterlibatan organ target, khususnya pada infeksi virus hepatotropik atau infeksi berat dengan risiko kegagalan multiorgan.

Penatalaksanaan Penyakit Infeksi Virus

Penatalaksanaan penyakit infeksi virus bertujuan untuk mengendalikan replikasi virus, meredakan gejala, mencegah serta menangani komplikasi, dan menurunkan risiko penularan. Strategi penatalaksanaan bersifat individual dan sangat bergantung pada jenis virus, fase infeksi, derajat keparahan penyakit, serta kondisi klinis dan imunologis pasien. WHO melaporkan pada infeksi COVID-19, sekitar 81% kasus bersifat ringan, 14% individu mengalami progresi penyakit menjadi derajat berat sehingga membutuhkan intervensi oksigen, dan sekitar 5% membutuhkan perawatan intensif termasuk ventilasi mekanik, sehingga menegaskan pentingnya terapi suportif dalam menurunkan angka morbiditas dan mortalitas (Alfaro-Perez et al., 2025; Habibu et al., 2025).

Sejumlah agen antivirus telah dimanfaatkan dalam penanganan infeksi virus tertentu, seperti remdesivir pada penderita COVID-19 (Beigel et al., 2020) dengan kondisi keparahan tertentu untuk mempercepat proses pemulihan, serta terapi antivirus jangka panjang pada hepatitis B dan C yang terbukti menurunkan replikasi virus dan mencegah komplikasi kronis. Pada infeksi HIV, terapi antiretroviral (ART) telah memberikan dampak, dengan sekitar 29,6 juta orang hidup dengan HIV menerima ART pada tahun 2021, yang berkontribusi besar terhadap penurunan mortalitas dan transmisi virus. Pemilihan terapi antivirus harus mempertimbangkan manfaat klinis, potensi efek samping, serta risiko resistensi virus (Montoya et al., 2023; Pardons et al., 2023).

Pada beberapa infeksi virus, respons imun inang yang berlebihan justru berperan dalam terjadinya kerusakan jaringan dan kegagalan organ. Dalam kondisi tersebut, terapi imunomodulator dapat dipertimbangkan untuk mengendalikan peradangan. Kortikosteroid digunakan pada kasus tertentu, seperti sindrom gangguan pernapasan akut (ARDS), untuk menekan respons inflamasi yang berlebihan. Selain itu, agen yang menargetkan sitokin tertentu masih terus diteliti untuk mengurangi dampak badai sitokin (Chaudhuri et al., 2021). Namun, penggunaan imunomodulator harus dilakukan secara hati-hati karena berpotensi menekan respons imun yang dibutuhkan untuk eliminasi virus. Infeksi virus berat dapat menimbulkan komplikasi serius seperti pneumonia berat, sepsis, atau kegagalan multiorgan yang memerlukan perawatan intensif (L. Cao et al., 2025). Pada kondisi seperti ARDS akibat COVID-19, pasien membutuhkan intervensi medis di ICU dengan ventilasi mekanik, dukungan hemodinamik, serta pemantauan ketat fungsi organ. Penatalaksanaan komplikasi

bersifat multidisiplin dan berfokus pada stabilisasi kondisi pasien serta pencegahan kerusakan organ lebih lanjut (Grotberg et al., 2023).

KESIMPULAN

Penyakit infeksi virus pada manusia masih merupakan masalah kesehatan dengan kontribusi besar terhadap angka morbiditas dan mortalitas. Tingginya beban penyakit ini dipengaruhi oleh karakteristik biologis virus sebagai parasit intraseluler obligat, kemampuan virus untuk bermutasi dan beradaptasi, serta berbagai faktor inang dan lingkungan yang mendukung terjadinya penularan dan infeksi. Globalisasi, mobilitas manusia yang tinggi, perubahan iklim, serta ketimpangan akses terhadap layanan kesehatan dan vaksinasi semakin meningkatkan risiko penyebaran penyakit infeksi virus secara luas. Respons imun berperan ganda, yaitu sebagai mekanisme pertahanan untuk mengeliminasi virus sekaligus sebagai faktor yang dapat menyebabkan kerusakan jaringan apabila terjadi secara berlebihan atau tidak terkontrol. Manifestasi klinis infeksi virus sangat bervariasi, berkisar dari gejala ringan sampai penyakit berat disertai komplikasi yang berpotensi fatal, tergantung dari jenis virus, organ target, serta kondisi imunologis inang. Penatalaksanaan penyakit infeksi virus bersifat individual dan meliputi terapi suportif, penggunaan antivirus spesifik, imunomodulator pada kondisi tertentu, serta perawatan intensif pada kasus berat. Selain itu, upaya pencegahan dan pengendalian penularan merupakan komponen esensial dalam menurunkan dampak penyakit infeksi virus di masyarakat.

REFERENCES

- Aghagoli, G., Gallo Marin, B., Katchur, N. J., Chaves-Sell, F., Asaad, W. F., & Murphy, S. A. (2021). Neurological involvement in COVID-19 and potential mechanisms: A review. *Neurocritical Care*, 34(3), 1062–1071. <https://doi.org/10.1007/s12028-020-01049-4>
- Alfaro-Perez, C., Barberá-Riera, M., de Llanos, R., & Delgado-Saborit, J. M. (2025). Systematic review and meta-analysis of methodological approaches for characterising airborne SARS-CoV-2 RNA for environmental surveillance. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41612-025-01180-z>
- Almeria, S., Robertson, L., & Santin, M. (2021). Why foodborne and waterborne parasites are important for veterinarians. *Research in Veterinary Science*, 136, 198–199. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.02.020>
- Bale, R., Iida, A., Yamakawa, M., Li, C. G., & Tsubokura, M. (2022). Quantifying the COVID19 infection risk due to droplet/aerosol inhalation. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14862-y>
- Beigel, J. H., Tomashek, K. M., Dodd, L. E., Mehta, A. K., Zingman, B. S., Kalil, A. C., Hohmann, E., Chu, H. Y., Luetkemeyer, A., Kline, S., Lopez de Castilla, D., Finberg, R. W., Dierberg, K., Tapson, V., Hsieh, L., Patterson, T. F., Paredes, R., Sweeney, D. A., Short, W. R., ... Lane, H. C. (2020). Remdesivir for the Treatment of Covid-19 — Final

- Report. *New England Journal of Medicine*, 383(19), 1813–1826. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2007764>
- Cao, B., Zhang, H., & Zhang, N. (2025). Transmission of respiratory infectious diseases based on real close contact behavior in an emergency room. *Infectious Disease Modelling*, 10(4), 1238–1251. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2025.07.004>
- Cao, L., Xiang, Y., Wu, Z., Chen, Q., Chen, F., Yang, G., & Li, H. (2025). Efficacy and safety of corticosteroids in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiology*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12871-025-03196-7>
- Chaudhuri, D., Sasaki, K., Karkar, A., Sharif, S., Lewis, K., Mammen, M. J., Alexander, P., Ye, Z., Lozano, L. E. C., Munch, M. W., Perner, A., Du, B., Mbuagbaw, L., Alhazzani, W., Pastores, S. M., Marshall, J., Lamontagne, F., Annane, D., Meduri, G. U., & Rochweg, B. (2021). Corticosteroids in COVID-19 and non-COVID-19 ARDS: A systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Medicine*, 47(5), 521–537. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06394-2>
- Cheshomi, N., Alum, A., Smith, M. F., Lim, E. S., Conroy-Ben, O., & Abbaszadegan, M. (2025). Viral concentration method biases in the detection of viral profiles in wastewater. *Applied and Environmental Microbiology*, 91(1). <https://doi.org/10.1128/aem.01339-24>
- Dadonaite, B., Crawford, K. H. D., Radford, C. E., Farrell, A. G., Yu, T. C., Hannon, W. W., Zhou, P., Andrabi, R., Burton, D. R., Liu, L., Ho, D. D., Chu, H. Y., Neher, R. A., & Bloom, J. D. (2023). A pseudovirus system enables deep mutational scanning of the full SARS-CoV-2 spike. *Cell*, 186(6), 1263–1278. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.02.001>
- Dalskov, L., Gad, H. H., & Hartmann, R. (2023). Viral recognition and the antiviral interferon response. *The EMBO Journal*, 42(14). <https://doi.org/10.15252/emboj.2022112907>
- de Lima Cavalcanti, T. Y. V, Pereira, M. R., de Paula, S. O., & França, R. F. O. (2022). A review on Chikungunya virus epidemiology, pathogenesis and current vaccine development. *Viruses*, 14(5), 969. <https://doi.org/10.3390/v14050969>
- Delikhoon, M., Guzman, M. I., Nabizadeh, R., & Baghani, A. N. (2021). Modes of Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2 (SARS-CoV-2) and Factors Influencing on the Airborne Transmission: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 2–18. <https://doi.org/10.3390/ijerph>
- Dufloo, J., Andreu-Moreno, I., Moreno-García, J., Valero-Rello, A., & Sanjuán, R. (2025). Receptor-binding proteins from animal viruses are broadly compatible with human cell entry factors. *Nature Microbiology*, 10(2), 405–419. <https://doi.org/10.1038/s41564-024-01879-4>
- Endo, M., Tokuyama-Toda, R., Shiota, T., & Satomura, K. (2025). Rapid diagnosis of viral infections and application to infection control. *BMC Infectious Diseases*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-025-11823-4>

- G B D. (2025). Global burden of 292 causes of death in 204 countries and territories and 660 subnational locations, 1990–2023. *The Lancet*, 406(10513), 1811–1872. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(25\)01917-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01917-8)
- Gebremichael, B., Hailu, A., Letebo, M., Berhanesilassie, E., Shumetie, A., & Biadgilign, S. (2022). Impact of good governance, economic growth and universal health coverage on COVID-19 infection and case fatality rates in Africa. *Health Research Policy and Systems*, 20(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12961-022-00932-0>
- Grotberg, J. C., Reynolds, D., & Kraft, B. D. (2023). Management of severe acute respiratory distress syndrome: a primer. In *Critical Care* (Vol. 27, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04572-w>
- Guo, J., Guo, S., Lu, S., Gong, J., Wang, L., Ding, L., Chen, Q., & Liu, W. (2023). The development of proximity labeling technology and its applications in mammals, plants, and microorganisms. *Cell Communication and Signaling*, 21(1), 269. <https://doi.org/10.1186/s12964-023-01310-1>
- Habibu, I., Abubakar, B. M., Moi, I. M., & Abdulrazaq, R. (2025). Seroprevalence of HIV, HBV, HCV and Syphilis among blood donors in a Nigerian tertiary medical centre. *BMC Infectious Diseases*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-025-11024-z>
- Hansen, M. (2023). Pathogenesis: Understanding the Mechanisms behind Disease Development. *International Research Journal of Basic and Clinical Studies*, 8(4), 1–3. <https://doi.org/10.14303/irjbc.2023.54>
- Huang, D. Q., Terrault, N. A., Tacke, F., Gluud, L. L., Arrese, M., Bugianesi, E., & Loomba, R. (2023). Global epidemiology of cirrhosis: Aetiology, trends and predictions. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 20(6), 388–398. <https://doi.org/10.1038/s41575-023-00759-2>
- Jiang, M. Y., Duan, Y. P., Tong, X. L., Huang, Q. R., Jia, M. M., Yang, W. Z., & Feng, L. Z. (2023). Clinical manifestations of respiratory syncytial virus infection and the risk of wheezing and recurrent wheezing illness: a systematic review and meta-analysis. In *World Journal of Pediatrics* (Vol. 19, Issue 11, pp. 1030–1040). Zhejiang University School of Medicine Children's Hospital. <https://doi.org/10.1007/s12519-023-00743-5>
- Koonin, E. V., Dolja, V. V., & Krupovic, M. (2022). The logic of virus evolution. *Cell Host & Microbe*, 30(7), 917–929. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2022.06.008>
- Kyokha Ameen, Y. (2025). Seasonal influenza: A narrative review of epidemiology, clinical features, and preventive strategies. *Cureus*, 17(10), e95336. <https://doi.org/10.7759/cureus.95336>
- Lhomme, S., Abravanel, F., Cintas, P., & Izopet, J. (2021). Hepatitis E virus infection: Neurological manifestations and pathophysiology. *Pathogens*, 10(12), 1582. <https://doi.org/10.3390/pathogens10121582>
- Li, X. C., Zhang, Y. Y., Zhang, Q. Y., Liu, J. S., Ran, J. J., Han, L. F., & Zhang, X. X. (2024). Global burden of viral infectious diseases of poverty based on Global Burden of Diseases

- Study 2021. *Infectious Diseases of Poverty*, 13(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s40249-024-01234-z>
- Li, Y., Wang, X., Blau, D. M., Caballero, M. T., Feikin, D. R., Gill, C. J., Madhi, S. A., Omer, S. B., Simões, E. A. F., & Investigators, R. (2022). Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in children younger than 5 years in 2019. *The Lancet*, 399(10340), 2047–2064. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00478-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00478-0)
- Lim, A. Y., Jafari, Y., Caldwell, J. M., Clapham, H. E., Gaythorpe, K. A. M., Hussain-Alkhateeb, L., Johansson, M. A., Kraemer, M. U. G., Maude, R. J., McCormack, C. P., Messina, J. P., Mordecai, E. A., Rabe, I. B., Reiner, R. C., Ryan, S. J., Salje, H., Semenza, J. C., Rojas, D. P., & Brady, O. J. (2023). A systematic review of the data, methods and environmental covariates used to map Aedes-borne arbovirus transmission risk. *BMC Infectious Diseases*, 23(1), 708. <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08717-8>
- Lu, W., Wang, L., & Xing, J. (2023). Editorial: Antiviral innate immune sensing, regulation, and viral immune evasion. In *Frontiers in Immunology* (Vol. 14). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1358542>
- Ma, L., Li, H., Lan, J., Hao, X., Liu, H., Wang, X., & Huang, Y. (2021). Comprehensive analyses of bioinformatics applications in the fight against COVID-19 pandemic. *Computational Biology and Chemistry*, 95, 107599. <https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2021.107599>
- Montoya, V. R., Ready, T. M., Felton, A., Fine, S. R., OhAinle, M., & Emerman, M. (2023). A virus-packageable CRISPR system identifies host dependency factors co-opted by multiple HIV-1 strains. *MBio*, 14(1). <https://doi.org/10.1128/mbio.00009-23>
- Nie, J., Zhou, L., Tian, W., Liu, X., Yang, L., Yang, X., Zhang, Y., Wei, S., Wang, D. W., & Wei, J. (2025). Deep insight into cytokine storm: from pathogenesis to treatment. In *Signal Transduction and Targeted Therapy* (Vol. 10, Issue 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41392-025-02178-y>
- Ning, J., Ren, Y., Zhang, Z., Zeng, X., Wang, Q., Xie, J., Xu, Y., Fan, Y., Li, H., Zhai, A., Li, B., Wu, C., & Chen, Y. (2025). Predicting SARS-CoV-2-specific CD4+ and CD8+ T-cell responses elicited by inactivated vaccines in healthy adults using machine learning models. *Clinical and Experimental Medicine*, 25(1). <https://doi.org/10.1007/s10238-025-01772-2>
- Okada, R., Moriyama, H., Ogawara, T., Cizek, H., & Valverde, R. A. (2021). Complete nucleotide sequence of an alphaendornavirus isolated from common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Archives of Virology*, 166(12), 3483–3486. <https://doi.org/10.1007/s00705-021-05264-y>
- Pardons, M., Cole, B., Lambrechts, L., van Snippenberg, W., Rutsaert, S., Noppe, Y., De Langhe, N., Dhondt, A., Vega, J., Eyassu, F., Nijs, E., Van Gulck, E., Boden, D., & Vandekerckhove, L. (2023). Potent latency reversal by Tat RNA-containing nanoparticle

- enables multi-omic analysis of the HIV-1 reservoir. *Nature Communications*, 14(1), 8397. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44020-5>
- Pascoal, L. B., Carellos, E. V. M., Tarabai, B. H. M., Vieira, C. C., Rezende, L. G., Salgado, B. S. F., & de Castro Romanelli, R. M. (2023). Maternal and perinatal risk factors associated with congenital syphilis. *Tropical Medicine & International Health*, 28(6), 442–453. <https://doi.org/10.1111/tmi.13881>
- Rahman, S., Montero, M. T. V, Rowe, K., Kirton, R., & Kunik, F. (2021). Epidemiology, pathogenesis, clinical presentations, diagnosis and treatment of COVID-19: A review of current evidence. *Expert Review of Clinical Pharmacology*, 14(5), 601–621. <https://doi.org/10.1080/17512433.2021.1902303>
- Rex, V., Zargari, R., Stempel, M., Halle, S., & Brinkmann, M. M. (2023). The innate and T-cell mediated immune response during acute and chronic gammaherpesvirus infection. In *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1146381>
- Sanjuan, R., & Domingo-Calap, P. (2021). Genetic diversity and evolution of viral populations. In *Encyclopedia of Virology* (pp. 53–61). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20958-8>
- Shen, J., Fan, J., Zhao, Y., Jiang, D., Niu, Z., Zhang, Z., & Cao, G. (2023). Innate and adaptive immunity to SARS-CoV-2 and predisposing factors. *Frontiers in Immunology*, 14, 1159326. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1159326>
- Tabatabaei, S., Keykhaee, Z., Nooraei, S., Ayati, M., Behzadmand, M., Azimi, S., Eskati, F., & Ahmadian, G. (2025). SARS-CoV-2 and Coronaviruses: Understanding Transmission, Impact, and Strategies for Prevention and Treatment. *Drugs and Drug Candidates*, 4(1), 5. <https://doi.org/10.3390/ddc4010005>
- Tajik, S., Farahani, A. V., Ardekani, O. S., Seyedi, S., Tayebi, Z., Kami, M., Aghaei, F., Hosseini, T. M., Nia, M. M. K., Soheili, R., & Letafati, A. (2024). Zika virus tropism and pathogenesis: understanding clinical impacts and transmission dynamics. In *Virology Journal* (Vol. 21, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12985-024-02547-z>
- Theken, K. N., Tang, S. Y., Sengupta, S., & FitzGerald, G. A. (2021). The roles of lipids in SARS-CoV-2 viral replication and the host immune response. *Journal of Lipid Research*, 62, 100129. <https://doi.org/10.1016/j.jlr.2021.100129>
- Trifonova, I., Korsun, N., Levterova, V., Pavlova, D., Simeonovski, I., Ivanova, M., Velikov, P., Voleva, S., Ivanov, I., Ivanov, D., Dakov, T., Tcherveniakova, T., Angelova, S., & Christova, I. (2025). Respiratory infections in the post-COVID-19 era: impact, prevalence, and clinical characteristics of bacterial and viral co-infections. *Frontiers in Medicine*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1597782>
- Whitley, E. (2023). Viral pathogenesis: Insights into infection and immunity. *J Micro Bio Curr Res*, 7(4). <https://doi.org/10.35841/aamcr-7.4.162>

Wulan. (2024). *Demam Berdarah Dengue*.

Yang, O. O. (2025). The immunopathogenesis of SARS-CoV-2 infection: Overview of lessons learned in the first 5 years. In *Journal of Immunology* (Vol. 214, Issue 6, pp. 1095–1104). American Association of Immunologists. <https://doi.org/10.1093/jimmun/vkaf033>

Zhan, J., Wang, J., Liang, Y., Wang, L., Huang, L., Liu, S., Zeng, X., Zeng, E., & Wang, H. (2024). Apoptosis dysfunction: unravelling the interplay between ZBP1 activation and viral invasion in innate immune responses. In *Cell Communication and Signaling* (Vol. 22, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12964-024-01531-y>

Zheng, G., Chan, E. M. G., & Boehm, A. B. (2025). Systematic review and meta-analysis of enteric virus shedding in human excretions. *EBioMedicine*, 119(1). <https://www.covidence.org>