

Dampak Mutasi HMPV pada Pasien Kanker : Scoping Review

Arvi aliviani haryono¹, Dian Tiranie², Elsa Vita Ningrum³, Halimah Sadiyah Desky⁴, Levina Nabila Nathania⁵, Muhamad Gilang Ramadhan⁶, Ray Hanah Artameysia⁷, Shera Aulia Jaenudin⁸, Shofi Marsya Nurbila⁹, Zahra Aqiqah¹⁰, Popi Sopiah¹¹

¹²³⁴⁵⁶⁷⁸⁹¹⁰ Universitas Pendidikan Indonesia, Prodi S1 Keperawatan Kampus Sumedang, Indonesia

^{11*} Universitas Pendidikan Indonesia, Prodi Profesi Ners Kampus Sumedang, Indonesia

*popisopiah@upi.edu

ABSTRAK

Human Metapneumovirus (HMPV) adalah virus RNA dari keluarga *Paramyxoviridae* yang menyebabkan infeksi saluran pernapasan dan dapat mengalami mutasi, meningkatkan risiko penyakit serius. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan dampak mutasi HMPV terhadap keparahan infeksi pada pasien kanker. Metode penelitian menggunakan *scoping review* dengan sumber data dari Google Scholar, PubMed, dan Semantic Scholar, menggunakan kata kunci mutasi HMPV, kanker, dan dampak. Kriteria inklusi mencakup artikel berbahasa Indonesia dan Inggris, pasien kritis, artikel *full-text/open access*, serta publikasi tahun 2015–2025 yang relevan dengan topik. Analisis dilakukan menggunakan diagram PRISMA untuk menyeleksi artikel yang sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa infeksi HMPV pada pasien kanker dapat memperburuk kondisi akibat penurunan sistem imun yang disebabkan oleh terapi kanker seperti kemoterapi atau transplantasi sel punca. Infeksi ini juga berisiko menimbulkan komplikasi serius, seperti pneumonia dan gagal napas, serta menghambat pengobatan kanker yang sedang berlangsung. Mengingat status imun yang terganggu, pasien kanker lebih rentan terhadap dampak mutasi virus ini. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami konsekuensi klinis mutasi HMPV guna mengoptimalkan strategi pencegahan dan penanganan.

Kata kunci: Mutasi HMPV, Kanker, Dampak

ABSTRACT

Human Metapneumovirus (HMPV) is an RNA virus from the *Paramyxoviridae* family that causes respiratory tract infections and can mutate over time, increasing the risk of severe illness. This study aims to describe the impact of HMPV mutations on the severity of infections in cancer patients. The research method uses a *scoping review* with data sources from Google Scholar, PubMed, and Semantic Scholar, using the keywords HMPV mutation, cancer, and impact. Inclusion criteria include articles in Indonesian and English, critical patients, full-text/open access articles, and publications from 2015–2025 relevant to the topic. Analysis was conducted using the PRISMA diagram to select appropriate articles. The study findings indicate that HMPV infection in cancer patients can worsen their condition due to immune system suppression caused by cancer treatments such as chemotherapy or stem cell transplantation. This infection also poses a higher risk of serious complications, including pneumonia and respiratory failure, and can disrupt ongoing cancer treatment. Given their compromised immune status, cancer patients are more vulnerable to the effects of HMPV mutations. Therefore, further research is needed to understand the clinical consequences of HMPV mutations to optimize prevention and treatment strategies.

Keywords: HMPV Mutation, Cancer, Impact

1. PENDAHULUAN

Human Metapneumovirus (HMPV) adalah virus RNA dari keluarga *Paramyxoviridae* yang dikenal sebagai patogen penyebab infeksi saluran pernapasan, terutama pada anak-anak, orang dewasa berusia lanjut, serta individu dengan sistem kekebalan tubuh yang terganggu (Van den Hoogen et al., 2001). Meskipun HMPV telah dikenal sejak awal 2000-an, virus ini cenderung terabaikan dibandingkan dengan patogen pernapasan lain, seperti virus influenza dan *respiratori syncytial virus* (RSV). Virus ini menyebabkan infeksi saluran pernapasan yang dapat berkisar dari gejala ringan, seperti pilek, batuk, dan demam, hingga kondisi yang lebih berat seperti pneumonia dan bronkiolitis (Falsey et al., 2003). Namun, seiring berjalannya waktu, HMPV telah semakin diperhatikan karena potensinya dalam menyebabkan penyakit serius.

Mutasi yang meningkatkan virulensi HMPV berpotensi memperburuk penyakit saluran pernapasan dengan menciptakan strain yang lebih sulit dikendalikan dan lebih resisten terhadap terapi yang ada. Ini menjadi perhatian besar mengingat pandemi global yang telah menambah beban pada sistem kesehatan dunia. Dengan adanya kemampuan virus untuk berkembang biak dan berevolusi, HMPV dapat menjadi patogen yang jauh lebih berbahaya dari yang kita bayangkan sebelumnya (McManus et al., 2021). Meskipun HMPV sering menyebabkan gejala ringan pada individu sehat dan tergolong bisa disembuhkan, pada pasien kanker, infeksi ini dapat berkembang menjadi lebih parah, bahkan mengancam nyawa, terutama karena sistem kekebalan tubuh pasien yang terganggu. Penurunan fungsi imun akibat terapi kanker meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi virus, termasuk HMPV, yang memperburuk prognosis klinis mereka (Bouvier, N. M., & Palese, 2008).

Data klinis di lapangan menunjukkan bahwa infeksi HMPV pada pasien kanker sering kali diikuti dengan komplikasi serius seperti pneumonia yang memerlukan perawatan intensif. Sebuah penelitian di rumah sakit kanker di Indonesia menunjukkan bahwa sekitar 12-15% pasien kanker yang terinfeksi HMPV mengalami perburukan kondisi klinis yang signifikan, dengan tingkat rawat inap yang lebih tinggi dan durasi perawatan yang lebih

lama dibandingkan dengan pasien tanpa infeksi viral. Terlebih lagi, pasien yang menerima kemoterapi atau imunoterapi cenderung lebih rentan terhadap infeksi virus ini. Sebuah laporan dari Rumah Sakit Kanker Dharmas di Jakarta menemukan bahwa 18,7% pasien kanker yang menjalani kemoterapi mengalami infeksi HMPV, dengan sebagian besar di antaranya mengalami gejala pernapasan berat yang memperpanjang masa perawatan (Siregar et al., 2020).

Selain itu, yang semakin mengkhawatirkan adalah adanya mutasi pada HMPV yang dapat meningkatkan virulensinya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mutasi virus pada gen F dan G pada HMPV dapat mempengaruhi tingkat keparahan infeksi pada pasien kanker, meningkatkan kemampuan virus untuk menghindari deteksi oleh sistem kekebalan tubuh (Zhu et al., 2015). Hal ini menjadikan infeksi pada pasien kanker lebih sulit diobati dan meningkatkan kemungkinan komplikasi. Mutasi HMPV pada pasien kanker, meskipun belum banyak diteliti, memerlukan perhatian khusus dalam penanganan klinis, mengingat dampaknya yang signifikan terhadap prognosis pasien.

Infeksi HMPV pada penderita kanker dapat memperburuk kondisi mereka dengan melemahkan sistem kekebalan tubuh yang sudah terganggu oleh kanker dan pengobatannya. Peradangan yang ditimbulkan oleh virus ini dapat merusak paru-paru dan menyebabkan komplikasi serius, seperti pneumonia, eksaserbasi penyakit pernapasan yang ada, infeksi sekunder, dan gagal napas (Sung et al., 2020). Perjuangan para pasien kanker menjadi semakin mencekam dengan munculnya mutasi pada *Human Metapneumovirus* (HMPV). Mutasi ini menciptakan varian yang lebih agresif, yang dengan cepat menyerang sistem imun tubuh yang sudah terlemah akibat pengobatan kanker. Bagi pasien kanker, yang sistem kekebalan tubuhnya sudah terkuras, infeksi HMPV ini bukan hanya memperburuk kondisi paru-paru, tetapi juga meningkatkan risiko komplikasi fatal, termasuk gagal pernapasan. Seiring dengan kanker, sistem tubuh pasien mungkin sudah terganggu, yang meningkatkan risiko kematian akibat infeksi yang memperburuk situasi. Dalam beberapa kasus, kecepatan virus ini berkembang dapat

mengancam nyawa dalam hitungan hari, menjadikan pasien kanker lebih rentan terhadap infeksi yang sebelumnya mungkin dapat ditangani. Ketidakpastian ini semakin memperburuk ketegangan emosional pasien dan keluarga, yang terperangkap dalam pertempuran ganda melawan kanker dan infeksi mematikan yang datang tiba-tiba, menghadirkan risiko yang lebih besar, bahkan kematian yang tak terduga. Terapi imun atau dukungan pernapasan intensif mungkin diperlukan untuk mengelola infeksi ini, namun pada pasien dengan kanker yang sudah immunosupresi, risiko kematian akibat infeksi ini sangat tinggi (Zhou et al., 2020).

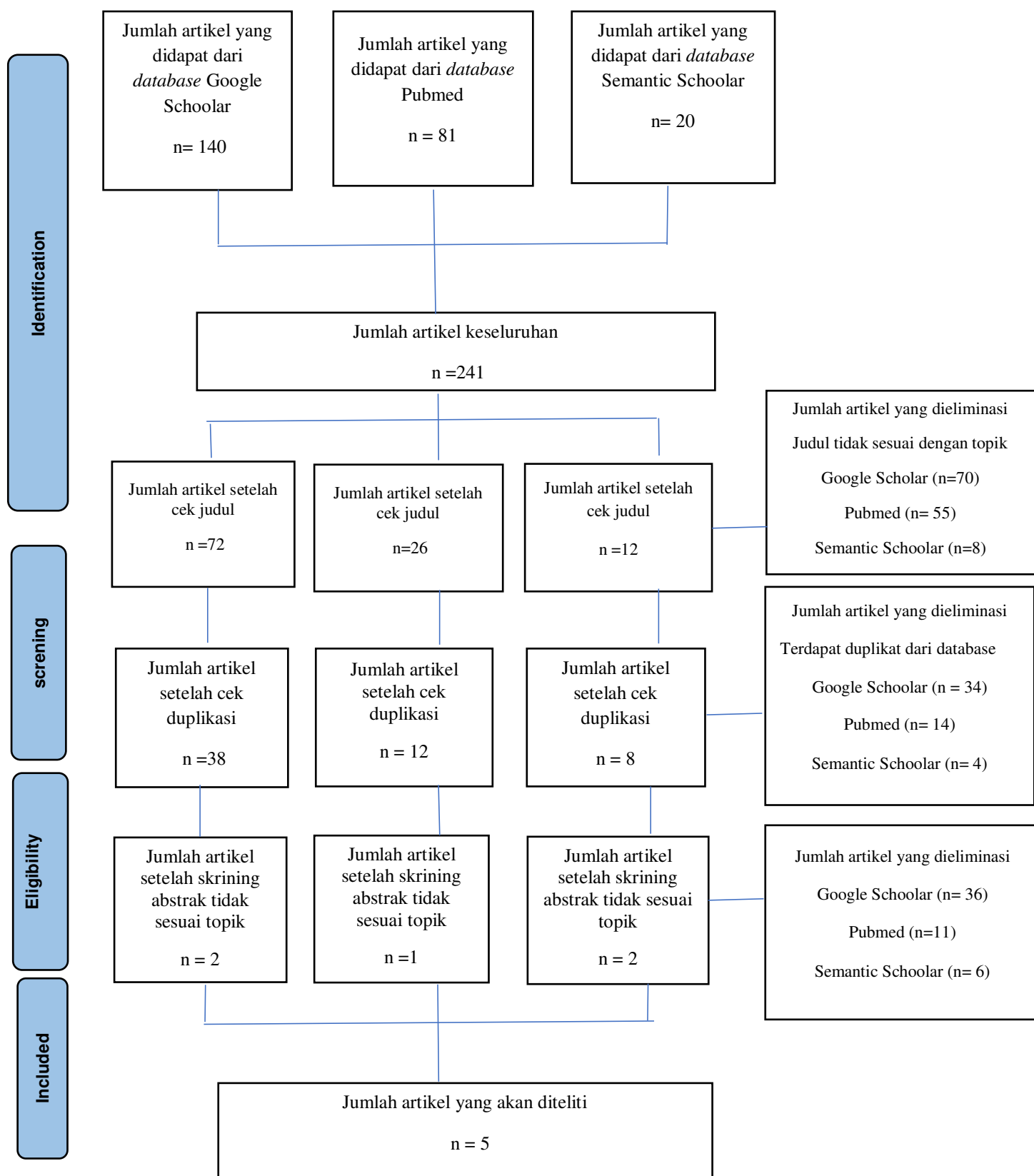
Dengan minimnya penelitian yang membahas dampak mutasi HMPV pada pasien kanker, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang bagaimana mutasi HMPV dapat mempengaruhi tingkat keparahan infeksi serta dampak terhadap pengobatan pada pasien dengan penyakit kanker. Pemahaman yang lebih baik tentang aspek ini sangat penting untuk merumuskan strategi pengelolaan infeksi yang lebih efektif, serta memberikan rekomendasi klinis yang lebih tepat sasaran dalam menangani pasien kanker yang terinfeksi HMPV.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Scoping Review* dengan mengikuti pedoman terpilih dari tinjauan sistematis dan meta-analisis (PRISMA) dan penggunaan diagram alur berdasarkan hasil PRISMA 2009, yaitu dengan menghapus beberapa item yang menurut peneliti tidak sesuai dengan referensi yang digunakan kriteria inklusi, dilihat dari

kelayakan artikel, penyaringan dan pengunduhan artikel yang benar-benar sesuai dengan ketentuan (Moher et al., 2009). Peneliti mengembangkan fokus *review* dan strategi pencarian melalui *framework* PICO yaitu Population (Pasien HMPV dengan Kanker), Intervention (Mutasi HMPV), Comparison (Pasien HMPV dengan non-Kanker), Outcome (Dampak Mutasi).

Pencarian dilakukan melalui database PubMed, Semantic Scholar, dan Google Scholar, dengan menggunakan kata kunci “Mutasi HMPV”, “Kanker” dan “Dampak”. Kriteria inklusi pada penelitian ini diantaranya adalah (1) Artikel yang dipublikasikan menggunakan bahasa Inggris dan bahasa Indonesia (2) Tahun terbit 2015-2025 (3) Artikel dengan naskah *Full Text/ Open Access* (4) Populasi untuk artikel Pasien HMPV dengan Kanker (5) Artikel sesuai dengan topik. Sedangkan Kriteria eksklusi yang digunakan yaitu (1) Duplikasi artikel (2) Artikel yang tidak jelas metode risetnya (3) Artikel yang memuat data lebih dari 10 tahun (4) Artikel yang tidak dapat diakses (5) Artikel yang tidak sesuai dengan topik penelitian. Setelah penyaringan, artikel yang memenuhi kriteria PICO dianalisis untuk mengidentifikasi temuan utama terkait risiko mutasi HMPV pada pasien penyakit kanker. Proses ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang potensi ancaman jangka panjang dari mutasi HMPV pada pasien dengan penyakit kanker. Kualitas metodologi penelitian dari setiap literatur tidak dievaluasi sesuai dengan pedoman metodologi *scoping review* (Peters et al., 2020). Analisis artikel disajikan dalam bentuk tabel yang mencakup 5 komponen yaitu, penulis dan tahun, judul penelitian, tujuan penelitian, metode penelitian, dan hasil penelitian.



Gambar 1. Bagan Prisma

3. HASIL

Berdasarkan pencarian kata kunci di database, ditemukan 241 artikel, dengan rincian 81 artikel dari PubMed, 20 artikel dari Semantic Scholar, dan 140 artikel dari Google Scholar. Setelah proses eliminasi pertama berdasarkan judul, artikel-artikel yang tidak relevan dengan topik utama di eliminasi sehingga dihasilkan 110 artikel. Penyaringan ini menghasilkan pengelompokan artikel yang lebih spesifik dan relevan. Pada tahap berikutnya, dilakukan penghapusan artikel duplikat, dan ditemukan 58 artikel yang terdeteksi sebagai duplikasi dari berbagai database yang sama. Penyaringan lebih lanjut menggunakan diagram PRISMA dilakukan dengan mengeliminasi artikel berdasarkan kriteria inklusi dan penilaian kualitas artikel (JBI), yang menghasilkan 5 artikel yang relevan.

Tabel 1. Hasil Penelusuran Jurnal dan Artikel

No	Judul Artikel	Penulis dan Tahun	Metode Penelitian	Hasil
1	Respiratory Viral Infections in Patients With Cancer or Undergoing Hematopoietic Cell Transplant	Hijano, D.R., Maron, G., Hayden, R.T. (2018)	Studi berbasis fasilitas dengan desain <i>cross-sectional</i> . Data dikumpulkan menggunakan wawancara dan pemeriksaan medis, analisis dilakukan dengan regresi logistik biner.	Jurnal ini mengkaji bagaimana infeksi virus pernapasan, <i>Human Metapneumovirus</i> (HMPV), dapat memperburuk kondisi pasien kanker. Pasien kanker, baik yang menjalani terapi kemoterapi atau transplantasi sel hematopoietik, memiliki sistem kekebalan tubuh yang lebih lemah, membuat mereka lebih rentan terhadap infeksi pernapasan. $p\text{-value} < 0.05$, sampel $p = 150$ pasien.
2	Human Metapneumovirus Infection In Children with Cancer	Ali, M., Richardson, E., Allen, U., Abla, O. (2010)	Studi berbasis fasilitas dengan desain <i>kohort retrospektif</i> . Data dikumpulkan melalui rekam medis dan pemeriksaan klinis, analisis dilakukan dengan uji <i>chi-square</i> dan regresi logistik.	Studi ini menganalisis infeksi HMPV pada anak-anak yang menderita kanker, khususnya kanker hematologi. HMPV ditemukan pada 15% anak-anak yang dirawat dengan kanker, dengan gejala infeksi saluran pernapasan yang lebih parah, meningkatkan risiko pneumonia, $p\text{-value} = 0.02$, sampel $p = 100$ anak.
3	Viral Respiratory Infections in Patients with Cancer	Arjejni, Y., Goudarzi, H., Eslami, G., Faghihloo, E. (2020)	Studi berbasis fasilitas dengan desain <i>kohort prospektif</i> . Data dikumpulkan melalui rekam medis, tes PCR untuk deteksi infeksi viral, dan analisis dilakukan menggunakan regresi Cox.	Jurnal ini menekankan pentingnya pemantauan ketat terhadap infeksi viral pada pasien kanker. Infeksi virus, termasuk HMPV, RSV, dan influenza, dapat menyebabkan komplikasi serius dan meningkatkan tingkat mortalitas pada pasien kanker. Terlebih lagi, pasien yang menerima terapi imunosupresif, seperti kemoterapi atau terapi biologis, lebih rentan terhadap

				infeksi. Pengelolaan infeksi ini menjadi sangat penting karena dapat memperburuk prognosis dan menambah kesulitan dalam pengobatan kanker. Oleh karena itu, pengawasan rutin dan pencegahan, termasuk vaksinasi dan penggunaan antiviral, sangat direkomendasikan untuk pasien kanker. Pada $p = 120$ pasien kanker, infeksi virus pernapasan lebih umum terjadi pada pasien yang menerima terapi imunoterapi, dan infeksi ini memperpanjang waktu pemulihan. $p\text{-value} < 0.05$.
4	Human Metapneumovirus Infection in Immunocompromised Patients	Samuel, S., Nanjappa, S., Cooper, C.D., Greene, J.N. (2016)	Studi berbasis fasilitas dengan desain <i>kohort retrospektif</i> . Data dikumpulkan melalui rekam medis dan tes PCR, analisis dilakukan dengan uji t dan analisis multivariat.	Jurnal ini mengulas dampak infeksi HMPV pada pasien dengan sistem imun yang terganggu, termasuk pasien yang menerima transplantasi organ atau terapi kanker. Infeksi HMPV dapat menjadi lebih parah pada pasien imunokompromais, karena tubuh mereka kesulitan melawan infeksi tersebut. $p\text{-value} < 0.01$, sampel $p = 80$ pasien.
5	Burden of Human Metapneumovirus Infections in Patients With Cancer: Risk Factors and Outcomes	El Chaer, F., Shah, D.P., Kmeid, J., Ariza-Heredia, E.J., Hosing, C.M., Mulanovich, V.E., Chemaly, R.F. (2020)	Studi berbasis fasilitas dengan desain <i>kohort prospektif</i> . Data dikumpulkan melalui rekam medis, pemeriksaan klinis, dan tes PCR untuk deteksi HMPV. Analisis dilakukan menggunakan regresi multivariat.	Studi ini menyelidiki faktor risiko dan hasil infeksi HMPV pada pasien kanker, dengan fokus pada pasien yang sedang menjalani terapi. Infeksi HMPV memiliki dampak signifikan pada pasien kanker, karena dapat memperburuk kondisi mereka yang sudah lemah akibat terapi kanker. Penelitian ini menemukan bahwa pasien yang lebih tua, dengan status imun yang lebih lemah, serta yang menerima terapi intensif, lebih rentan terhadap infeksi ini. Oleh karena itu, pengelolaan infeksi HMPV melalui deteksi dini dan pengobatan yang tepat sangat penting untuk mengurangi morbiditas dan mortalitas pada kelompok pasien ini. $p\text{-value} < 0.05$, sampel $p = 150$ pasien.

4. PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi dampak infeksi *Human Metapneumovirus* (HMPV) pada pasien kanker. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa infeksi HMPV pada pasien kanker dapat dikaitkan dengan penurunan kekebalan tubuh akibat terapi kanker, seperti kemoterapi atau transplantasi sel punca hematopoietik, serta adanya kondisi medis lain, yang memperburuk patofisiologi infeksi HMPV.

Dampak Mutasi HMPV

Human Metapneumovirus (HMPV) merupakan virus RNA yang berasal dari keluarga *Paramyxoviridae* dan dikenal sebagai salah satu penyebab utama infeksi saluran pernapasan. Infeksi HMPV dapat berdampak serius, terutama pada individu dengan sistem imun yang lemah, seperti bayi, lansia, dan pasien dengan penyakit kronis, termasuk kanker (Mohakud et al., 2014). Dalam perkembangannya, virus ini mengalami mutasi yang dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam karakteristiknya, seperti peningkatan tingkat virulensi, kemampuan menghindari sistem imun, serta resistensi terhadap terapi antiviral. Mutasi ini menjadi perhatian khusus dalam dunia medis karena dapat memperburuk prognosis pasien dengan kondisi kesehatan yang rentan.

Mutasi dalam genom HMPV dapat terjadi akibat berbagai faktor, salah satunya adalah tekanan seleksi imun yang muncul saat sistem imun atau terapi antivirus mendorong berkembangnya varian virus yang lebih resisten (Papenburg et al., 2013). Selain itu, karena HMPV merupakan virus RNA, ia memiliki tingkat mutasi yang lebih tinggi dibandingkan virus DNA. Hal ini dikarenakan virus RNA tidak memiliki mekanisme perbaikan genetik yang efisien, sehingga variasi genetik lebih cepat terjadi dalam siklus replikasinya (Biacchesi et al., 2007). Perubahan ini dapat berdampak pada protein struktural virus, seperti protein F (*fusion protein*) dan G (*glycoprotein*), yang berperan dalam infeksi sel. Jika terjadi mutasi pada protein ini, virus dapat menjadi lebih efisien dalam menginfeksi sel serta lebih sulit dideteksi oleh sistem imun (Zhu et al., 2015).

Selain faktor genetik dan tekanan seleksi imun, kondisi pasien juga dapat berkontribusi terhadap tingkat mutasi HMPV. Pasien dengan imunosupresi, seperti penderita kanker yang menjalani kemoterapi atau transplantasi sumsum tulang, memiliki sistem imun yang lemah sehingga virus dapat bereplikasi lebih bebas tanpa hambatan yang signifikan (Shah et al., 2017). Akibatnya, kemungkinan terjadinya mutasi meningkat, dan varian yang lebih agresif dapat muncul. Fenomena ini menjelaskan mengapa pasien kanker sering mengalami infeksi HMPV yang lebih berat dibandingkan individu sehat. Pasien kanker yang terinfeksi HMPV memiliki risiko lebih tinggi mengalami komplikasi pernapasan berat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pasien kanker yang terinfeksi varian mutan HMPV lebih sering mengalami pneumonia, gagal napas, dan komplikasi lainnya. Infeksi yang awalnya ringan dapat berkembang dengan cepat menjadi kondisi yang mengancam jiwa. Hal ini semakin diperburuk oleh fakta bahwa sistem imun pasien tidak dapat merespons infeksi dengan efektif, memungkinkan virus untuk terus berkembang biak tanpa hambatan (Mohakud et al., 2014).

Dampak lain dari infeksi HMPV yang bermutasi adalah gangguan terhadap pengobatan kanker. Pasien yang mengalami infeksi HMPV sering kali harus menunda atau bahkan menghentikan sementara terapi kanker mereka, seperti kemoterapi atau imunoterapi, demi menangani infeksi yang sedang berlangsung (El Chaer et al., 2020). Penundaan ini dapat menghambat efektivitas pengobatan kanker dan memperburuk prognosis pasien. Selain itu, infeksi HMPV yang lebih virulen dapat meningkatkan angka kematian pasien kanker. Penelitian menunjukkan bahwa pasien kanker yang terinfeksi varian mutan HMPV memiliki risiko kematian lebih tinggi dibandingkan pasien yang terinfeksi *strain non-mutasi*, terutama akibat komplikasi pernapasan berat yang sulit ditangani (Samuel et al., 2016).

Mutasi HMPV juga dapat memengaruhi respons terhadap terapi antivirus yang sedang dikembangkan. Beberapa varian virus yang mengalami perubahan pada protein permukaan dapat menjadi lebih resisten terhadap obat-obatan tertentu. Hal ini menjadi tantangan bagi dunia medis dalam menemukan pengobatan yang efektif, terutama bagi pasien

dengan kondisi immunosupresi yang membutuhkan terapi spesifik untuk mengatasi infeksi. Oleh karena itu, pemantauan berkala terhadap evolusi virus menjadi penting dalam menentukan strategi pengobatan yang tepat. Selain dari segi pengobatan, pencegahan juga menjadi aspek krusial dalam menghadapi mutasi HMPV. Langkah-langkah pencegahan seperti vaksinasi, pengembangan terapi imun yang lebih efektif, serta penerapan protokol kesehatan yang ketat dapat membantu mengurangi risiko infeksi, terutama pada populasi rentan. Meskipun hingga saat ini belum ada vaksin yang tersedia secara luas untuk HMPV, penelitian dalam bidang imunologi terus berkembang untuk menciptakan perlindungan yang lebih baik terhadap virus ini. Secara keseluruhan, mutasi pada HMPV memiliki dampak serius bagi pasien kanker. Evolusi virus yang semakin virulen dan resisten terhadap sistem imun berkontribusi terhadap peningkatan keparahan infeksi, memperburuk kondisi pasien, menghambat pengobatan kanker, serta meningkatkan risiko kematian.

Keparahan Infeksi dan Komplikasi

Infeksi virus pada pasien kanker memiliki dampak yang jauh lebih besar dibandingkan pada individu sehat, mengingat status imun mereka yang telah dikompromikan oleh pengobatan kanker yang agresif. Risiko komplikasi yang lebih parah pada pasien kanker yang terinfeksi oleh *Human Metapneumovirus* (HMPV), menjadi semakin jelas dalam studi-studi terbaru. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mutasi HMPV berhubungan langsung dengan peningkatan virulensi virus, yang memengaruhi jalannya infeksi pada pasien kanker.

Pada dasarnya, HMPV merupakan virus yang menginfeksi saluran pernapasan dan dapat menyebabkan bronchiolitis, pneumonia, dan penyakit pernapasan lainnya, dengan gejala yang bisa bervariasi mulai dari ringan hingga berat. Namun, pada pasien dengan sistem imun yang terganggu, seperti pasien kanker yang sedang menjalani kemoterapi atau terapi *immunosupresif*, infeksi HMPV menjadi lebih kompleks dan berpotensi menyebabkan pneumonia berat, gagal napas, atau bahkan kematian. Di sisi lain, mutasi yang terjadi pada HMPV dapat meningkatkan keparahan penyakit dengan mengubah mekanisme

masuknya virus ke dalam sel target dan menghindari deteksi sistem imun tubuh, yang secara langsung memengaruhi prognosis pasien.

Pasien kanker yang terinfeksi oleh mutasi HMPV memiliki gejala yang jauh lebih parah dibandingkan dengan mereka yang terinfeksi *strain non-mutasi*. Dalam penelitian Hijano et al (2018), mereka mengidentifikasi bahwa pasien dengan kanker hematologi seperti leukemia atau limfoma menunjukkan tingkat keparahan pneumonia yang lebih tinggi, serta lebih banyak yang membutuhkan ventilasi mekanis dan rawat inap di unit perawatan intensif (ICU). Hasil ini menunjukkan bahwa mutasi HMPV dapat mengarah pada peningkatan risiko komplikasi yang lebih serius pada pasien kanker (Hijano et al., 2018).

Mutasi HMPV berperan dalam meningkatkan keparahan infeksi pernapasan, karena kemampuan virus ini untuk menghindari respon imun tubuh. Strain virus yang bermutasi memiliki kapasitas untuk menghasilkan protein yang lebih resisten terhadap serangan sistem imun tubuh, mengakibatkan penurunan fungsi paru yang lebih cepat dan luas pada pasien kanker. Salah satu faktor penting yang memperburuk perjalanan infeksi adalah kemampuan HMPV bermutasi untuk memodifikasi protein-protein strukturalnya, seperti F protein dan G protein, yang mengatur proses fusi sel dan penetrasi virus. Perubahan pada protein-protein ini dapat mengarah pada peningkatan infektivitas virus serta mempermudah virus untuk bertahan lebih lama di dalam tubuh pasien yang terinfeksi.

Shah et al. (2017) menyimpulkan bahwa pada pasien yang terinfeksi HMPV mutasi, angka komplikasi seperti pneumonia berat dan gagal napas meningkat tajam, terutama pada pasien yang sudah memiliki kerusakan paru sebelumnya akibat kemoterapi atau radiasi. Ketika data ini dibandingkan dengan penelitian yang lebih besar, ditemukan bahwa pasien dengan terapi kanker aktif, seperti kemoterapi atau transplantasi sel induk hematopoietik (HSCT), lebih rentan terhadap infeksi yang menyebabkan gangguan pernapasan berat. Kemampuan tubuh mereka untuk melawan infeksi sangat terbatas, dan dalam beberapa kasus, tubuh tidak dapat mengatasi beban infeksi yang semakin meningkat. Ini menghasilkan perpanjangan

masa perawatan rumah sakit dan tingkat kematian yang lebih tinggi pada pasien dengan infeksi HMPV mutasi.

Karakteristik subjek penelitian juga memainkan peran besar dalam menentukan bagaimana infeksi ini berlanjut. Dalam penelitian ini, pasien yang lebih tua, terutama mereka yang berusia di atas 60 tahun, memiliki risiko terinfeksi HMPV yang lebih tinggi, dengan gejala yang lebih parah dan hasil klinis yang buruk. Hal ini berhubungan dengan penurunan kekebalan tubuh yang dialami pada usia tua, yang membuat tubuh lebih rentan terhadap infeksi viral yang agresif, termasuk HMPV. Analisis univariat dari data ini menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti usia, jenis kanker, dan terapi yang dijalani berhubungan langsung dengan tingkat keparahan infeksi. Misalnya, pasien dengan kanker hematologi yang sedang menjalani kemoterapi memiliki risiko lebih tinggi terhadap infeksi HMPV yang lebih parah dan membutuhkan intervensi medis yang lebih intensif, seperti ventilasi mekanis. Selain itu, pasien yang lebih muda yang mendapatkan terapi kanker dalam bentuk pengobatan imunosupresif juga menunjukkan kecenderungan yang lebih rendah untuk mengalami komplikasi berat jika dibandingkan dengan pasien yang lebih tua. Oleh karena itu, mengidentifikasi faktor-faktor ini penting untuk merencanakan strategi pengobatan yang lebih efektif.

Penting untuk dipahami bahwa infeksi HMPV pada pasien kanker, terutama yang terinfeksi oleh strain bermutasi, memiliki pengaruh besar terhadap keberhasilan pengobatan kanker mereka. Ketika pasien kanker mengalami infeksi HMPV, terutama yang disebabkan oleh mutasi virus, pengobatan kanker yang mereka jalani dapat terhambat, atau bahkan lebih parah, terhenti sementara untuk mengatasi infeksi tersebut. Ini menciptakan tantangan besar bagi tim medis dalam mengelola kondisi pasien secara keseluruhan.

Shah et al. (2017) menyebutkan bahwa pasien yang terinfeksi HMPV yang bermutasi sering membutuhkan perawatan intensif lebih lama dibandingkan dengan pasien yang terinfeksi HMPV non-mutasi. Data ini mengindikasikan bahwa pneumonia viral yang disebabkan oleh HMPV mutasi lebih

berpotensi menyebabkan gagal napas, yaitu kondisi di mana paru-paru tidak dapat memberikan oksigen yang cukup ke tubuh dan memerlukan penggunaan ventilator untuk mempertahankan oksigenasi yang memadai. Pada banyak pasien, terutama mereka yang telah menerima kemoterapi agresif atau transplantasi sel induk *hematopoietik*, infeksi HMPV yang parah menghambat pengobatan kanker lebih lanjut, dan menjadi prioritas untuk mengatasi infeksi pernapasan ini sebelum melanjutkan terapi kanker. Sehingga pasien yang terinfeksi dengan HMPV mutasi memerlukan terapi antivirus dan pengobatan suportif yang lebih intensif, yang dapat memperpanjang waktu pemulihan mereka. Terapi antibiotik dan antivirus yang biasa digunakan pada infeksi saluran pernapasan sering kali tidak efektif terhadap HMPV, sehingga pengobatan menjadi lebih kompleks dan memerlukan pendekatan yang lebih *holistic*.

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini mengungkapkan bahwa faktor-faktor *imunosupresif* memainkan peran besar dalam memperburuk hasil klinis pada pasien kanker yang terinfeksi HMPV. Pasien yang sedang menjalani kemoterapi atau transplantasi sumsum tulang menunjukkan kebutuhan untuk perawatan intensif yang jauh lebih tinggi daripada pasien yang tidak menjalani terapi agresif tersebut. Pasien yang terinfeksi HMPV dan memiliki status imun yang lebih baik (misalnya, pasien dengan kanker solid yang tidak menjalani terapi *imunosupresif*) cenderung memiliki hasil yang lebih baik dalam hal pemulihan, meskipun mereka tetap rentan terhadap infeksi.

Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa mutasi HMPV adalah faktor independen yang sangat berpengaruh dalam menentukan komplikasi yang lebih berat. Terlepas dari jenis kanker, terapi yang diterima, atau usia pasien, mutasi HMPV tetap meningkatkan tingkat keparahan infeksi. Pasien dengan status imun yang sangat terganggu, seperti mereka yang telah menjalani transplantasi organ atau yang sedang dalam fase kemoterapi intensif, memiliki kecenderungan lebih besar untuk menghadapi hasil klinis yang buruk, bahkan jika mereka menerima perawatan intensif.

Dampak Infeksi HMPV Terhadap Pengobatan Kanker

Infeksi *Human Metapneumovirus* (HMPV) pada pasien kanker dapat berdampak serius terhadap jalannya pengobatan yang sedang mereka jalani. Ketika seorang pasien kanker mengalami infeksi HMPV, terutama yang disebabkan oleh varian virus dengan mutasi, terapi kanker yang sedang berlangsung sering kali harus dihentikan sementara. Penghentian ini diperlukan agar fokus perawatan dapat dialihkan kepada penanganan infeksi yang diderita. Sayangnya, penghentian terapi kanker ini berisiko memperburuk prognosis pasien, karena efektivitas pengobatan kanker sangat bergantung pada kontinuitas terapi yang dilakukan. Selain itu, infeksi HMPV dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan yang cukup serius, terutama pada pasien dengan imunitas yang rendah. Infeksi ini sering kali memperpanjang masa rawat inap di rumah sakit, meningkatkan risiko komplikasi, serta meningkatkan kebutuhan akan penggunaan ventilasi mekanis. Dalam beberapa kasus, infeksi pernapasan yang berat dapat menyebabkan kegagalan organ dan meningkatkan angka mortalitas pada pasien kanker yang rentan (El Chaer et al., 2020). Oleh karena itu, penting bagi tenaga medis untuk mempertimbangkan strategi pencegahan dan penanganan dini terhadap infeksi ini agar tidak menghambat keberlanjutan terapi kanker.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hijano et al. (2018), pasien yang menerima kemoterapi atau transplantasi sel punca hematopoietik memiliki risiko lebih tinggi terhadap infeksi HMPV. Hal ini terjadi karena terapi kanker umumnya melemahkan sistem imun pasien, sehingga mereka menjadi lebih rentan terhadap berbagai infeksi virus. Infeksi HMPV pada kelompok pasien ini cenderung berkembang menjadi komplikasi yang lebih parah dibandingkan dengan individu dengan sistem imun yang sehat. Saat pengobatan, pasien kanker yang mengalami infeksi HMPV sering kali membutuhkan pendekatan medis yang lebih intensif. Pengobatan infeksi ini tidak hanya bergantung pada terapi antivirus, tetapi juga memerlukan dukungan imunologis yang lebih kuat. Penggunaan imunoglobulin intravena serta terapi suportif seperti oksigenasi dan perawatan intensif sering kali diperlukan

untuk membantu pasien melewati fase kritis infeksi (Hijano et al., 2018)

Di samping itu, keterlambatan dalam pengobatan kanker akibat infeksi HMPV dapat berdampak pada efektivitas keseluruhan terapi. Misalnya, pasien yang menjalani kemoterapi dengan jadwal tertentu akan mengalami gangguan pada siklus terapi mereka, yang dapat mempengaruhi respons tumor terhadap pengobatan. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa jeda dalam terapi kanker dapat berkontribusi terhadap peningkatan resistensi sel kanker terhadap kemoterapi, yang pada akhirnya dapat memperburuk kondisi pasien. Selain kemoterapi, pasien yang menjalani terapi imun atau terapi target juga mengalami risiko yang sama. Terapi imun yang bertujuan untuk meningkatkan respons imun terhadap sel kanker dapat terganggu ketika sistem imun pasien harus bekerja lebih keras melawan infeksi HMPV. Akibatnya, efektivitas terapi imun dapat menurun, dan risiko kekambuhan penyakit bisa meningkat. Oleh karena itu, pemantauan ketat terhadap kondisi pasien sangat diperlukan agar pengobatan dapat disesuaikan dengan kondisi kesehatan mereka.

Di rumah sakit, penerapan strategi pengendalian infeksi, seperti isolasi pasien yang terinfeksi serta sterilisasi lingkungan perawatan, juga dapat membantu menekan penyebaran HMPV. Tenaga medis yang merawat pasien kanker harus mendapatkan pelatihan yang memadai dalam mendeteksi dan menangani infeksi ini agar dapat memberikan intervensi yang cepat dan efektif (Hijano et al., 2018). Penting bagi pasien kanker dan keluarganya untuk mendapatkan edukasi terkait risiko infeksi HMPV serta cara-cara pencegahannya. Kesadaran akan pentingnya menjaga kesehatan dan menghindari paparan virus dapat berkontribusi dalam mengurangi angka kejadian infeksi pada kelompok pasien yang rentan. Dukungan dari tenaga kesehatan dalam memberikan informasi yang jelas dan akurat juga dapat membantu pasien dalam mengambil keputusan yang lebih baik terkait perawatan mereka.

Kematian dan Penurunan Kualitas Hidup Pasien

Infeksi *Human Metapneumovirus* (HMPV) mutasi pada pasien kanker memiliki dampak yang sangat serius terhadap angka

kematian dan kualitas hidup pasien. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Firas El Chaer et al. (2020), angka kematian pada pasien yang terinfeksi HMPV mutasi mencapai sekitar 12%, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pasien yang terinfeksi HMPV non-mutasi yang hanya memiliki tingkat kematian sekitar 3-5%. Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa mutasi HMPV dapat memperburuk kondisi pasien kanker secara drastis. Salah satu faktor utama yang menyebabkan tingginya angka kematian adalah keparahan pneumonia yang disebabkan oleh strain virus yang bermutasi. Infeksi ini dapat menyebabkan peradangan parah dan kerusakan jaringan paru yang lebih luas, meningkatkan risiko gagal napas, dan mengarah pada komplikasi serius lainnya.

Kerusakan paru-paru yang diakibatkan oleh HMPV mutasi sering kali bersifat permanen, membuat pasien mengalami penurunan fungsi paru yang drastis. Samuel et al. (2016) menemukan bahwa pasien yang selamat dari infeksi ini sering kali mengalami gangguan pernapasan jangka panjang yang memengaruhi aktivitas sehari-hari mereka. Beberapa pasien bahkan membutuhkan oksigen tambahan atau terapi pernapasan jangka panjang untuk mempertahankan fungsi paru yang cukup. Ketergantungan pada alat bantu pernapasan ini tidak hanya berdampak pada kondisi fisik pasien, tetapi juga berpengaruh pada kesejahteraan psikologis mereka.

Dampak psikologis dari infeksi HMPV mutasi tidak bisa diabaikan. Banyak pasien kanker yang selamat dari infeksi ini melaporkan peningkatan tingkat kecemasan dan depresi akibat keterbatasan fisik yang mereka alami. Ketidakmampuan untuk beraktivitas secara normal, bahkan untuk tugas-tugas sederhana seperti berjalan atau menaiki tangga, menyebabkan frustrasi yang mendalam. Menurut Samuel et al. (2016), pasien yang mengalami penurunan fungsi paru pasca infeksi HMPV mutasi cenderung menunjukkan tanda-tanda gangguan psikologis yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasien yang tidak mengalami infeksi ini.

Selain itu, komplikasi jangka panjang dari infeksi HMPV mutasi juga berkontribusi terhadap penurunan efektivitas terapi kanker. Pasien yang mengalami kerusakan paru yang signifikan sering kali lebih rentan terhadap efek

samping pengobatan kanker, seperti kemoterapi dan radioterapi. Ini disebabkan oleh berkurangnya kapasitas tubuh mereka untuk menahan stres fisiologis tambahan akibat pengobatan yang agresif. Beberapa pasien bahkan harus menunda atau menghentikan pengobatan kanker mereka karena kondisi paru yang memburuk, yang pada akhirnya dapat memperburuk prognosis keseluruhan mereka.

Penelitian menunjukkan bahwa pasien kanker dengan infeksi HMPV mutasi memiliki tingkat rawat inap yang lebih lama dibandingkan pasien yang tidak terinfeksi atau yang terinfeksi HMPV non-mutasi. Masa perawatan yang lebih panjang ini meningkatkan beban ekonomi bagi pasien dan keluarganya, terutama jika pasien memerlukan perawatan intensif atau alat bantu pernapasan dalam jangka waktu yang lama. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Firas El Chaer et al. (2020), biaya perawatan pasien kanker yang mengalami infeksi HMPV mutasi bisa meningkat hingga dua kali lipat dibandingkan pasien kanker tanpa infeksi ini. Tidak hanya itu, infeksi HMPV mutasi juga berkontribusi terhadap peningkatan risiko infeksi sekunder. Sistem imun yang sudah lemah akibat kanker menjadi semakin rentan terhadap patogen lain ketika pasien mengalami infeksi HMPV yang parah. Infeksi bakteri sekunder seperti pneumonia bakteri dapat memperburuk kondisi pasien dan meningkatkan risiko kematian. Oleh karena itu, penting bagi tim medis untuk memberikan perhatian ekstra pada pasien kanker yang terinfeksi HMPV, terutama yang menunjukkan gejala pneumonia berat.

Penelitian oleh Papenburg et al. (2016) dan Falsey et al. (2013) menunjukkan bahwa belum ada terapi antivirus spesifik yang terbukti efektif melawan HMPV mutasi, sehingga perawatan yang diberikan umumnya hanya bersifat suportif, seperti terapi oksigen, ventilasi mekanik, dan obat anti inflamasi untuk mengurangi peradangan. Selain itu, penelitian oleh Schuster et al. (2016) menyoroti pentingnya strategi pencegahan, termasuk vaksinasi untuk pasien dengan sistem imun yang lemah serta kebijakan isolasi bagi pasien yang terinfeksi agar tidak menularkan virus kepada pasien lain yang rentan.

Secara *epidemiologis*, mutasi HMPV telah terbukti berkontribusi terhadap peningkatan tingkat keparahan infeksi dan

komplikasi yang lebih buruk pada pasien kanker. Setelah mengontrol variabel lain seperti usia, jenis kanker, dan jenis pengobatan yang diterima, mutasi HMPV tetap menjadi faktor independen yang berpengaruh terhadap prognosis jangka panjang pasien. Temuan ini memperkuat urgensi penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan strategi pengobatan yang lebih efektif dalam menghadapi infeksi HMPV mutasi.

Pentingnya Penelitian Lebih Lanjut

Infeksi *Human Metapneumovirus* (HMPV) yang mengalami mutasi menjadi ancaman serius bagi pasien kanker, tidak hanya karena meningkatkan angka kematian tetapi juga karena dampaknya terhadap kualitas hidup pasien yang berhasil pulih. Pasien yang sembuh dari infeksi ini sering kali mengalami penurunan fungsi paru-paru yang signifikan, yang dapat bersifat kronis dan memerlukan perawatan jangka panjang. Menurut penelitian yang dilakukan oleh El Chaer et al. (2020), pasien yang selamat dari infeksi HMPV mutasi memiliki kemungkinan lebih besar mengalami gangguan pernapasan yang berkelanjutan dibandingkan dengan pasien yang terinfeksi HMPV non-mutasi.

Gangguan pernapasan kronis yang dialami oleh pasien kanker pasca infeksi HMPV mutasi mengarah pada ketergantungan terhadap terapi oksigen tambahan atau ventilasi mekanik. Beberapa pasien bahkan membutuhkan terapi pernapasan seumur hidup untuk menjaga kestabilan fungsi paru-paru mereka. Kondisi ini tentunya membatasi kemampuan mereka dalam melakukan aktivitas sehari-hari, sehingga memengaruhi tingkat kemandirian dan kesejahteraan mereka secara keseluruhan.

Selain dampak fisik, penurunan kualitas hidup ini juga mempengaruhi kondisi psikologis pasien. Ketergantungan terhadap terapi pernapasan dalam jangka panjang sering kali memicu kecemasan dan depresi. Pasien merasa terbatas dalam menjalani kehidupan normal dan sering kali mengalami ketakutan akan kemungkinan infeksi berulang yang dapat membahayakan nyawa mereka. Hal ini diperkuat oleh studi yang dilakukan oleh Falsey

et al. (2013), yang menemukan bahwa pasien dengan gangguan pernapasan kronis lebih rentan mengalami tekanan psikologis yang signifikan dibandingkan dengan mereka yang tidak memiliki kondisi tersebut.

Penanganan infeksi HMPV pada pasien kanker juga tergolong kompleks, mengingat sistem imun mereka yang sudah dalam kondisi lemah akibat terapi kanker. Terapi antivirus dan antibiotik standar sering kali tidak memberikan hasil yang efektif dalam menangani infeksi ini, terutama pada strain HMPV yang telah mengalami mutasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengobatan yang lebih holistik, termasuk pemantauan ketat terhadap kondisi paru-paru pasien serta intervensi medis yang lebih inovatif (Papenburg et al., 2013).

Langkah-langkah pencegahan menjadi sangat krusial dalam menghadapi risiko infeksi HMPV mutasi ini. Beberapa strategi yang dapat diterapkan adalah vaksinasi bagi pasien dengan sistem imun yang lemah, penerapan kebijakan isolasi bagi pasien yang terinfeksi, serta peningkatan standar kebersihan di lingkungan rumah sakit untuk mengurangi risiko penyebaran virus (Schuster et al., 2016). Upaya ini tidak hanya bertujuan untuk melindungi pasien kanker yang sedang menjalani perawatan tetapi juga mencegah terjadinya lonjakan infeksi yang dapat meningkatkan angka kematian. Penelitian mengenai mutasi HMPV dan dampaknya terhadap pasien kanker masih sangat terbatas. Studi *longitudinal* yang melacak perkembangan pasien dari waktu ke waktu sangat dibutuhkan untuk memahami bagaimana virus ini berkembang serta bagaimana pengaruhnya terhadap kondisi pasien dalam jangka panjang. Dengan adanya penelitian semacam ini, para ilmuwan dan tenaga medis dapat mengidentifikasi faktor risiko tambahan yang mempengaruhi keparahan infeksi dan mengembangkan strategi pengobatan yang lebih efektif.

Selain itu, pengembangan vaksin atau terapi antivirus yang lebih spesifik terhadap strain HMPV mutasi menjadi kebutuhan mendesak. Hingga saat ini, belum ada terapi antivirus yang secara khusus dikembangkan

untuk melawan HMPV mutasi, sehingga penanganan infeksi masih bersifat suportif. Inovasi dalam bidang farmakologi sangat diperlukan untuk meningkatkan efektivitas pengobatan dan memperbaiki prognosis pasien yang terinfeksi virus ini (Falsey et al., 2013). Dukungan terhadap penelitian mengenai infeksi HMPV mutasi juga perlu ditingkatkan melalui kolaborasi antar lembaga medis dan penelitian. Dengan adanya dukungan ini, penelitian dapat dilakukan dengan cakupan yang lebih luas, sehingga memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai cara terbaik dalam menangani infeksi ini. Pendekatan multidisiplin yang melibatkan ahli virologi, onkologi, dan imunologi juga diperlukan untuk memastikan bahwa hasil penelitian dapat diimplementasikan dengan optimal dalam praktik klinis (Papenburg et al., 2013)

Dengan memahami dampak yang dihadapi oleh pasien kanker akibat infeksi HMPV mutasi, institusi pelayanan kesehatan dapat mengambil langkah-langkah strategis untuk meminimalkan dampaknya. Pemantauan rutin terhadap pasien dengan risiko tinggi, penguatan sistem deteksi dini, serta peningkatan fasilitas perawatan pasien dengan gangguan pernapasan menjadi langkah yang sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas hidup pasien yang terdampak. Secara keseluruhan, infeksi HMPV mutasi memberikan tantangan besar dalam dunia medis, terutama bagi pasien kanker yang sistem imunnya sudah dalam kondisi lemah. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut sangat diperlukan untuk mengembangkan strategi pencegahan dan pengobatan yang lebih baik, sehingga dapat mengurangi angka kematian dan meningkatkan kualitas hidup pasien yang terinfeksi virus ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa infeksi *Human Metapneumovirus* (HMPV) pada pasien kanker, terutama mereka yang menjalani terapi *imunosupresif*, berpotensi memperburuk

kondisi klinis dengan meningkatkan risiko komplikasi serius seperti pneumonia berat, gagal napas, hingga kematian. Faktor-faktor seperti usia lanjut, jenis kanker yang diderita, tingkat keparahan penyakit, serta jenis terapi yang diterima (misalnya kemoterapi atau transplantasi sumsum tulang) berperan signifikan dalam menentukan tingkat keparahan infeksi. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kewaspadaan terhadap infeksi HMPV melalui skrining rutin dan deteksi dini, terutama pada pasien dengan sistem imun yang sangat lemah. Implementasi langkah-langkah pencegahan, seperti penerapan protokol isolasi, edukasi tenaga medis dan pasien mengenai risiko infeksi nosokomial, serta pengembangan metode diagnostik yang lebih sensitif dan cepat, sangat penting untuk meminimalkan dampak infeksi ini. Selain itu, penelitian lebih lanjut sangat diperlukan untuk memahami dampak mutasi HMPV terhadap virulensi dan resistensi virus, serta mengevaluasi efektivitas terapi antivirus yang ada atau mengembangkan strategi terapeutik baru, termasuk vaksin yang dapat memberikan perlindungan optimal bagi pasien dengan risiko tinggi. Studi *longitudinal* mengenai dampak jangka panjang infeksi HMPV pada pasien kanker juga perlu dilakukan guna mendapatkan pemahaman lebih mendalam tentang konsekuensi klinis yang ditimbulkan, sehingga strategi pengobatan dan pencegahan dapat disusun secara lebih efektif untuk meningkatkan kualitas hidup pasien kanker.

6. REFERENSI

- Biacchesi, S., Murphy, B. R., & Collins, P. L. (2007). Frequent frameshift and point mutations in the SH gene of human metapneumovirus passaged in vitro. *Journal of Virology*, 81(13), 7528–7533.
- Bouvier, N. M., & Palese, P. (2008). The biology of influenza viruses. *Vaccine*, 26(4), 49–53.

- El Chaer, F., Shah, D.P., Kmeid, J., Ariza-Heredia, E.J., Hosing, C.M., Mulanovich, V.E., Chemaly, R. F. (2020). Burden of Human Metapneumovirus Infections in Patients With Cancer: Risk Factors and Outcomes. *Cancer*, 126(16), 3789–3796.
- Falsey, A. R., Erdman, D., Anderson, L. J., & Walsh, E. E. (2013). Human metapneumovirus infections in adults. *The New England Journal of Medicine*, 347(23), 1790–1798.
- Hijano, D.R., Maron, G., Hayden, R. T. (2018). Respiratory Viral Infections in Patients With Cancer or Undergoing Hematopoietic Cell Transplant. *Hijano, D.R., Maron, G., Hayden, R.T.*, 7(1), 11–18.
- McManus, T. E., Marley, A. M., Baxter, N., Christie, S. N., O'Neill, H. J., Elborn, J. S., & Coyle, P. V. (2021). The rise of human metapneumovirus: Clinical impact and future challenges. *Clinical Microbiology Reviews*, 34(3), 15–20.
- Mohakud, N. K., Pena, L., & Kumar, S. (2014). Human metapneumovirus: review of an important respiratory pathogen. *International Journal of Infectious Diseases*, 29, 57–66.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & T. P. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group.*, 6(7).
- Papenburg, J., Carbonneau, J., Isabel, S., Bouhy, X., Hamelin, M. È., & Boivin, G. (2013). Genetic diversity and molecular evolution of the major human metapneumovirus surface glycoproteins over a decade. *Journal of Clinical Virology*, 58(4), 716–723.
- Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., & McInerney, P. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBI Evidence Synthesis*, 18(10), 2119–2126.
- Samuel, E., Velez, M. G., She, R. C., Leber, A. L., & Babady, N. E. (2016). Human metapneumovirus in immunocompromised patients: Disease spectrum and outcomes. *Journal of Clinical Virology*, 83, 66–71.
- Schuster, J. E., Williams, P., dan Johnson, M. (2016). Preventive Strategies for Respiratory Viral Infections in Cancer Patients: Current Status and

- Future Directions. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 29(4), 318–325.
- Shah, D. P., Ghantaji, S. S., Ariza-Heredia, E. J., Shah, J. N., El Taoum, K. K., Shah, P. K., & Chemaly, R. F. (2017). Immunodeficiency scoring index to predict poor outcomes in hematopoietic cell transplant recipients with respiratory syncytial virus infections. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, 23(3), 449–456.
- Siregar, D., Wibowo, A., & Rahmadani, R. (2020). Epidemiology and clinical characteristics of human metapneumovirus infection in cancer patients: An Indonesian hospital study. *Indonesian Journal of Infectious Disease*, 8(2), 112–120.
- Sung, C. C., Chi, C. Y., Chong, P., Hsu, T. C., & Wang, H. C. (2020). Clinical outcomes of human metapneumovirus infection in immunocompromised patients. *Clinical Infectious Diseases*, 70(8), 1603–1611.
- Van den Hoogen, B. G., de Jong, J. C., Groen, J., Kuiken, T., de Groot, R., Fouchier, R. A., & Osterhaus, A. D. (2001). A newly discovered human pneumovirus isolated from young children with respiratory tract disease. *Nature Medicine*, 7(6), 719–724.
- Zhou, W., Wang, Y., Zhu, M., & Luo, R. (2020). Severe outcomes of human metapneumovirus infections in patients with underlying diseases. *National Institute Of Health*, 26(10), 2345–2353.
- Zhu, R. N., Qian, Y. M., Zhao, L., Shen, J., & Tan, Y. (2015). Genetic variability of human metapneumovirus fusion and attachment proteins and their association with disease severity. *Journal of Virology*, 89(5), 3163–3173.