

LITERATUR REVIEW: INTRODUCTION OF THE CANINE INFLUENZA VIRUS**Literatur Review: Pengenalan Virus Canine Influenza**

Fedri Rell^{1*}, Andi Magfira Satya Apada¹, Anak Agung Putu Jhoni Wahyuda², Baso Yusuf², Rian Hari Suharto², Abdul Wahid Jamaluddin³, Rasdiyanah², Adryani Ris⁴

¹Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Kedokteran Hewan Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin, Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, Indonesia 90245;

²Laboratorium Kesmavet Program Studi Kedokteran Hewan Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin, Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, Indonesia 90245.

³Laboratorium Farmakologi Program Studi Kedokteran Hewan Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin, Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, Indonesia 90245;

⁴Laboratorium Parasitologi Program Studi Kedokteran Hewan Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin, Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, Indonesia 90245;

*Corresponding author email: fedrirell@unhas.ac.id

How to cite: Rell F, Apada AMS, Wahyuda AAPJ, Yusuf B, Suharto RH, Jamaluddin AW, Rasdiyanah, Ris A. 2025. Literatur review: Introduction of the canine influenza virus. *Bul. Vet. Udayana*. 17(4): 1352-1358. DOI: <https://doi.org/10.24843/bulvet.2025.v17.i04.p22>

Abstract

The Canine Influenza Virus (CIV) is a causative agent of flu in dogs and belongs to the highly mutable Type A influenza virus group, which also infects various animals and humans. Despite ongoing efforts to control it, genetic variations in Type A influenza viruses persist. This paper aims to provide practitioners, pet owners, academics, and policymakers with a concise overview of CIV to support early prevention, treatment, and containment strategies, particularly in Indonesia. The data presented in this paper are derived from scientific reports on canine flu cases caused by Type A influenza subtypes H3N8 and H3N2. The first reported case of H3N8 CIV infection occurred in the early 2000s in the United States, primarily affecting Greyhound dogs. This strain originated from an equine influenza outbreak in America. Meanwhile, the H3N2 subtype, which later emerged in dogs in the U.S., shares genetic similarities with strains isolated in China and South Korea, suggesting intercontinental transmission. Clinical signs of CIV infection are typically mild and resemble general flu symptoms but may worsen with secondary infections. As a zoonotic virus, CIV poses a potential threat to public health if left unaddressed. Thus, further investigation into canine influenza cases in Indonesia is essential, along with public education on vaccination and stricter regulations on the movement of animals from affected countries.

Keywords: Canine influenza virus, dog, H3N2, H3N8

Abstrak

Virus Influenza Anjing (Canine Influenza Virus/CIV) merupakan penyebab flu pada anjing dan termasuk dalam kelompok virus influenza tipe A yang mudah bermutasi, yang juga

menginfeksi berbagai hewan dan manusia. Meskipun berbagai upaya pengendalian telah dilakukan, variasi genetik pada virus influenza tipe A terus terjadi. Tujuan makalah ini adalah memberikan gambaran singkat kepada praktisi, pemilik hewan peliharaan, akademisi, dan pembuat kebijakan mengenai CIV sebagai informasi awal untuk pencegahan, pengobatan, dan strategi penahanan penyebaran virus, khususnya di Indonesia. Data dalam makalah ini bersumber dari laporan ilmiah mengenai kasus flu anjing yang disebabkan oleh subtipe virus influenza A, yaitu H3N8 dan H3N2. Kasus pertama infeksi CIV H3N8 dilaporkan pada awal tahun 2000-an di Amerika Serikat, terutama menyerang anjing ras Greyhound. Strain ini berasal dari wabah influenza kuda di Amerika. Sementara itu, subtipe H3N2 yang kemudian muncul pada anjing di AS memiliki kemiripan genetik dengan strain yang diisolasi di China dan Korea Selatan, menunjukkan adanya transmisi antar-benua. Gejala klinis infeksi CIV umumnya ringan dan menyerupai flu biasa, tetapi dapat memburuk jika terjadi infeksi sekunder. Sebagai virus zoonosis, CIV berpotensi mengancam kesehatan masyarakat jika tidak ditangani dengan serius. Oleh karena itu, diperlukan investigasi lebih lanjut terkait kasus influenza anjing di Indonesia, serta edukasi publik mengenai vaksinasi dan pengaturan yang lebih ketat terhadap pergerakan hewan dari negara-negara terdampak.

Kata kunci: Canine influenza virus, anjing, H3N2, H3N8

PENDAHULUAN

Infeksi influenza telah banyak dilaporkan pada berbagai ternak dan manusia sejak 1918. Namun, infeksi virus *canine influenza* merupakan penyebab penyakit yang menginfeksi sistem pernapasan pada anjing yang baru dilaporkan pada awal 2000an. Virus CI berasal dari kelompok virus influenza tipe A (VIA). Awalnya infeksi VIA hanya banyak dilaporkan pada manusia, babi dan unggas sebagai penyebab flu babi dan flu burung. Namun sejak tahun 2000 kasus subtipe H3N8 yang awal bersirkulasi di kuda juga menginfeksi anjing di Amerika Utara yang menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan anjing. Kasus tersebut mengindikasikan adanya “lompatan virus” dari kuda ke anjing dan beradaptasi sehingga terjadi perpindahan virus diantara anjing yang membentuk subtipe H3N8 khusus anjing. Tidak hanya itu, pada tahun 2006 subtipe H3N2 diisolasi pada beberapa anjing di Asia, Korea Selatan. Selanjutnya pada tahun 2015 terjadi wabah flu pada anjing di beberapa wilayah Amerika yang disebabkan oleh subtipe H3N2. Berdasarkan analisis genetik, kasus subtipe H3N2 tersebut identik dengan virus subtipe H3N2 yang diisolasi di Asia (Voorhees *et al.*, 2017; Wasik *et al.*, 2023). Distribusi dan “lompatan virus” VIA antar spesies menjadi tantangan dalam pengendalian penyakit pada hewan dan manusia.

Adanya subtipe VIA pada anjing meningkatkan resiko penularan virus flu pada Manusia. Sebagaimana subtipe virus influenza A yang telah menyebab antar spesies (Short *et al.* 2015). Anjing merupakan hewan kesayangan yang banyak bersentuhan dengan manusia. Sehingga memungkinkan perpindahan virus antar anjing dan manusia. Walaupun infeksi virus CI belum pernah dilaporkan di Indonesia, perpindahan VCI diantara anjing perlu mendapat perhatian khusus dari pemerintah dan semua instansi terkait. Mengingat telah adanya laporan serologi yang menyatakan adanya bukti infeksi virus flu musiman pada manusia (H1N1 dan H3N2) menginfeksi anjing. Perlu dilakukan surveilen dan monitoring terkait infeksi VCI pada anjing (Borland *et al.* 2020). Subtipe VIA tidak hanya mengancam kesehatan hewan namun juga dapat berakibat fatal pada manusia. Sehingga diperlukan pemahaman dini untuk masyarakat luas, *pet owner*, akademisi dan pemangku kebijakan agar memperkecil resiko wabah penyakit dari hewan. Semoga tulisan ini dapat menjadi referensi ilmiah dalam pengendalian wabah VIA baik pada hewan maupun masyarakat.

METODE PENELITIAN

Literature review ini menyajikan data secara deskriptif. Berbagai data tentang canine influenza dan virus influenza tipe A bersumber dari artikel ilmiah yang telah terpublikasi. Artikel – artikel tersebut ditelusuri menggunakan Google search dan Scient direct. Virus canine influenza diakibatkan oleh infeksi kelompok virus influenza tipe A yang telah menginfeksi berbagai spesies hewan yang dapat akibat fatal seperti pada babi dan unggas bahkan manusia. Kelompok virus ini merupakan virus zoonosis sehingga perlu mendapat perhatian khusus dari pemerintah dan semua instansi terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Etiologi

Virus Canine influenza termasuk anggota kelompok virus influenza A. Virus IA memiliki materi genetik RNA beruntai tunggal berpolariasi negative yang menyandi protein struktural dan non struktural. Genom VIA bersegmen delapan yang menyandi masing – masing protein struktural dan non struktural yakni *Polymerase basic 2* (PB2), *Polymerase basic* (PB1), *Polymerase acidic* (PA), Hemagglutinin (HA), Nukleoprotein (NP), Neuraminidase (NA), *Matrix protein* (M), dan segmen kedelapan menyandi protein non struktural (NS1 & NS2) (Naulet et al. 2018). Kedelapan protein tersebut berperan masing – masing dalam proses replikasi, infeksi dan membentuk struktur virus. Struktur VIA terdiri atas lapisan terluar *envelope* pelindung luar virus, matriks yang membungkus kapsid, dan kapsid yang berisi RNA virus. Pada *envelope* virus tersusun atas lapisan lipid dan kedua protein permukaan, hemagglutinin dan neuraminidase. Protein hemagglutinin berperan penting dalam pengenalan reseptor virus, endositosis dan fusion virus pada sel terinfeksi sedangkan neuraminidase berperan penting dalam proses pelepasan virus dari sel terinfeksi. Protein matriks terdiri atas M1 dan M2 yang menyusun sebagian besar bagian matriks virus yang berperan sebagai “*ion channel*” selama proses fusion dan pelepasan virus pada sel terinfeksi. Protein PB1-PB2-PA merupakan tiga protein yang membentuk RNA-dependent RNA polymerase (RdRP) yang berkerjasama dengan protein NP virus berperan selama proses replikasi dan transkripsi dalam sel terinfeksi. Protein NS belum banyak diketahui mengenai perannya, namun beberapa penelitian melaporkan bahwa NS VIA berperan dalam memengaruhi proses apoptosis sel (Payungporn et al., 2008; Dadonaite et al., 2020; Fodor & Velthuis, 2020).

Protein hemagglutinin (HA) dan neuraminidase (NA) menentukan sub tipe VIA. Sebanyak 18 sub tipe ditemukan pada hemagglutinin (H1-H18) dan 11 pada neuraminidase (N1-N11). Sehingga bila memungkinkan dapat ditemukan 198 sub tipe VIA. Beberapa sub tipe telah dilaporkan mewabah diantaranya tahun 1918 sub tipe H1N1, tahun 1957 wabah sub tipe H2N2 dan 1998 sub tipe H5N1. Virus IA dapat ditemukan pada berbagai hewan namun unggas terutama unggas air bertindak sebagai reservoir utama. Berbagai sub tipe telah diisolasi dari bangsa unggas dan telah menyebar pada berbagai spesies seperti pada babi (H1N1, H2N2 dan H3N2) dan kuda (H3N8 dan H7N7). Sub tipe H5N1 pada unggas merupakan varian yang VIA yang paling patogen. Sub tipe hemagglutinin yang dapat menimbulkan kerusakan serius baik pada hewan maupun manusia yakni H5, H7, dan H9. Adanya pengenalan oleh protein HA memungkinkan VIA dapat menyerang berbagai spesies (Pathy, 2017; Kosik & Yewdell, 2019). Virus sub tipe canine influenza yakni H3N8 dan H3N2 diduga akibat adanya perpindahan virus dari kuda (H3N8) dan pada unggas (H3N2) yang kemudian menyebabkan penyakit flu pada anjing.

Patogenesis

Perkembangan penyakit infeksi CIV sangat ditentukan oleh respon imun setiap individu. Mekanisme perjalanan penyakit infeksi CIV mirip dengan virus Influenza tipe A pada umumnya. Infeksi CIV diawali dari perlekatan virus pada sel target di saluran pernapasan atas dan bereplikasi. Jenis sel pada saluran pernapasan atas menjadi target terutama sel kolumnar bersilia dan sel goblet dengan asam sialat sebagai reseptor virus. Pasca replikasi awal pada saluran pernapasan atas virus menyebar pada berbagai organ. Kerusakan yang ditimbulkan pada individu yang terinfeksi tergantung pada keganasan virus, sistem kekebalan individu, lingkungan dan status vaksinasi (Liang 2023).

Gejala Klinis dan Patologi

Anjing yang terinfeksi menunjukkan gejala selama 1-3 minggu. Periode gejala klinis muncul pasca paparan antara sub tipe H3N8 dan H3N2 mirip. Infeksi virus canine influenza sub tipe H3N8 akan menunjukkan gejala klinis sekitar 2-3 hari. Sedangkan infeksi sub tipe H3N2 akan menunjukkan gejala sekitar 2-7 hari pasca paparan. Baik infeksi sub tipe H3N8 dan H3N2 selalu menunjukkan gejala gangguan pada sistem pernapasan. Anjing yang terinfeksi akan menunjukkan gejala khas yakni flu dan batuk yang dapat disertai dengan demam. Batuk yang timbul cenderung tidak produktif dan kering. Anjing yang terinfeksi virus flu dapat disertai dengan infeksi sekunder. Adanya infeksi sekunder ditandai dengan perkembangan leleran hidung menjadi mukopurulen (Hilling & Hanel, 2010; Janeczko, 2021).

Status imunitas anjing mempengaruhi perkembangan penyakit . Beberapa anjing hanya mengalami demam rendah, tanpa tanda pernapasan, dan bahkan tanpa gejala. Anjing yang imunitasnya kurang baik dapat menunjukkan gejala yang lebih parah yang menunjukkan demam tinggi dengan peningkatan laju pernapasan dan tanda -tanda pneumonia lainnya atau Bronchopneumonia, serta tanda -tanda penyakit yang tidak spesifik. Kerusakan pada organ paru-paru dapat menjadi parah akibat adanya infeksi sekunder (Dubovi 2010).

Infeksi virus canine influenza pada anjing menimbulkan kerusakan pada sistem pernapasan. Perubahan umumnya pada organ paru-paru yang mengalami rhinitis dan bronkitis yang dapat meluas ke bronkiolus. Adanya infeksi sekunder akan memperparah infeksi H3N8 dan H3N2 yang ditandai dengan pneumonia supuratif. Telah dilaporkan bahwa seekor anjing yang terinfeksi H3N8 berakibat fatal dengan mengalami pneumonia hemoragik yang ditandai dengan dengan perdarahan di paru-paru, mediastinum, dan rongga pleura. Organ paru-paru menunjukkan tanda-tanda pneumonia parah, berwarna merah tua hingga hitam pada hewan-hewan ini. Pada beberapa anjing greyhound juga dilaporkan mengalami pleuritis fibrinosa (Jung et al. 2010).

Diagnostik

Diagnosa penyakit influenza anjing yang disebabkan influenza tipe A oleh sub tipe H3N8 dan H3N2 umumnya menggunakan metode diagnosis yang sama dengan sub tipe lainnya yakni metode RT-PCR. Sampel swab hidung dan faring dapat digunakan untuk mendeteksi H3N8 dan H3N2. Selain itu, sampel sayatan jaringan dari sistem pernapasan juga bisa digunakan. Sampel swab hidung dilaporkan lebih baik dibandingkan sampel nasofaring. Pengujian sampel secara serologi seperti ELIZA kurang dianjurkan, hal ini karena pemeriksaan serologi sering menghasilkan positif palsu (Shim et al., 2015; Wang et al., 2017).

Pengobatan, Pencegahan dan Pengendalian

Pengobatan spesifik terhadap flu anjing tidak ada. Pengobatan umum dilakukan untuk menjaga dari infeksi patogen lain (bakteri, jamur dan parasit) dan stamina anjing anjing. Pemberian antibiotik spektrum luas seperti amoxicillin atau doxycycline penting dilakukan agar terhindar dari infeksi bakteri. Kebersihan kandang anjing yang flu penting dilakukan agar terhindar dari cemaran parasite dan patogen dari luar (Lappin et al. 2017). Imunomodulator dapat digunakan untuk meningkatkan sistem kekebalan anjing dari infeksi virus seperti antiferon alpha (Sykes and Papich 2020). Serta menegemen vaksinasi dan kandang yang baik akan menciptakan kondisi individu yang lebih tahan terhadap infeksi berbagai agen penyakit.

Penyebaran Virus Canine Influenza

Mekanisme perpindahan virus canine influenza H3N8 dan H3N2 antar pulau dan negara belum banyak diketahui. Berdasarkan pecocokan dan penataan genetik baru dapat diketahui sumber asal virus. Seperti sub tipe H3N2 yang pertama dilaporkan di Amerika berdasarkan pencocokan genetik bahwa virus tersebut bersumber dari sub tipe H3N2 yang lebih dulu mewabah di Korea Selatan dan Cina. Selain Cina, Korea Selatan dan Amerika, sub tipe H3N2 juga telah dilaporkan pada beberapa negara lain yakni Thailand dan Kanada. Begitu juga halnya dengan sub tipe H3N8 yang berasal dari kuda yang menginfeksi anjing Greyhound di Amerika telah dilaporkan menginfeksi pada beberapa negara seperti Inggris, Australia, Kanada, dan China (Klivleyeva et al. 2022). Belum ada laporan ilmiah yang menyatakan bahwa anjing – anjing di Indonesia terinfeksi virus canine influenza.

Potensi Zoonosis

Sebagaimana virus influenza tipe A pada umumnya yang terus mengalami modifikasi genetika yang memungkinkan terjadinya infeksi VIA antar spesies mamalia. Proses modifikasi genetika ini tidak langsung ada begitu saja tapi melalui proses yang lama yang melibatkan berbagai individu. Begitu halnya dengan virus canine influenza yang akan terus mengalami modifikasi genetika sehingga akan bertindak sebagai sumber utama penyakit flu pada berbagai spesies mamalia dan manusia (Short et al. 2015). Pada sebagian besar Negara, Anjing menjadi hewan peliharaan yang paling banyak bersentuhan dengan manusia dibandingkan babi, unggas, dan kuda sehingga memungkinkan tingkat penyebaran ke manusia lebih tinggi. Tidak hanya itu, kucing peliharaan juga akan beresiko terinfeksi yang akan memperparah pola penyebaran virus CL.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan uraian diatas dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa virus canine influenza dapat menimbulkan penyakit flu pada anjing sehingga penting untuk dicegah baik oleh pet owner maupun pemerintah. Berbagai dampak dapat ditimbulkan mengingat virus canine influenza merupakan varian dari virus influenza A yang gampang bermutasi dan menginfeksi berbagai ternak bahkan dapat bersifat zoonosis.

Saran

Adapun saran dari tulisan ini kepada semua instansi terkait perlunya dilakukan investigasi tentang ada tidaknya penyebaran virus canine influenza sub tipe H3N8 dan H3N2 pada berbagai tempat di Indonesia. Selain itu, perlunya sosialisasi kepada *pet owner* terkait vaksinasi anjing.

Serta, perlunya pengawasan secara ketat pada jalur – jalur transportasi yang memungkinkan adanya perpindahan hewan pembawa penyakit dari daerah atau negara terinfeksi masuk ke Indonesia. Hal ini sebagai bentuk kewaspaan dini terhadap penyebaran penyakit

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada tim dosen yang telah bekerja sama dalam penyusunan literature review ini sehingga dapat disusun membentuk tulisan ilmiah. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada editor jurnal Buletin Veteriner atas segala arahan dalam memvalidasi penerbitan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Borland, S., Gracieux, P., Jones, M., Mallet, F., & Yugueros-Marcos, J. (2020).. 2020. “The Structure of the Influenza A Virus Genome THIS HAS PDF.” 1(1):139–48. doi: 10.1038/s41564-019-0513-7.
- Borland, S, Patrice G, Matthew J, François M, & Javier Y.M. (2020). “Influenza A Virus Infection in Cats and Dogs: A Literature Review in the Light of the ‘One Health’ Concept.” *Frontiers in Public Health* 8(March):1–8. doi: 10.3389/fpubh.2020.00083.
- Dubovi, Edward J. (2010). “Canine Influenza.” *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* 40(6):1063–71. doi: 10.1016/j.cvsm.2010.07.005.
- Fodor, Ervin, and Aartjan J. W. T. Velthuis. (2020). “Structure and Function of the Influenza Virus Transcription and Replication Machinery.” *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine* 10(9):1–14. doi: 10.1101/cshperspect.a038398.
- Hilling, K, & Rita H. (2010). “Canine Influenza.” *Compendium: Continuing Education For Veterinarians* 32(6):1–11. doi: 10.12935/jvma.70.165.
- Janeczko, S. (2021). “Canine Influenza.” *Infectious Disease Management in Animal Shelters, Second Edition* 274–88. doi: 10.1002/9781119294382.ch12.
- Jung, K., C. S. Lee, B. K. Kang, B. K. Park, J. S. Oh, & D. S. Song. (2010). “Pathology in Dogs with Experimental Canine H3N2 Influenza Virus Infection.” *Research in Veterinary Science* 88(3):523–27. doi: 10.1016/j.rvsc.2009.11.007.
- Klivleyeva, Nailya G., Tatyana I. Glebova, Mira G. Shamenova, & Nurbol T. Saktaganov. (2022). “Influenza A Viruses Circulating in Dogs: A Review of the Scientific Literature.” *Open Veterinary Journal* 12(5):676–87. doi: 10.5455/OVJ.2022.v12.i5.12.
- Kosik, Ivan, & Jonathan W. Yewdell. (2019). “Influenza Hemagglutinin and Neuraminidase: Yin–Yang Proteins Coevolving to Thwart Immunity.” *Viruses* 11(4). doi: 10.3390/v11040346.
- Lappin, M. R., J. Blondeau, D. Boothe, E. B. Breitschwerdt, L. Guardabassi, D. H. Lloyd, M. G. Papich, S. C. Rankin, J. E. Sykes, J. Turnidge, & J. S. Weese. (2017). “Antimicrobial Use Guidelines for Treatment of Respiratory Tract Disease in Dogs and Cats: Antimicrobial Guidelines Working Group of the International Society for Companion Animal Infectious Diseases.” *Journal of Veterinary Internal Medicine* 31(2):279–94. doi: 10.1111/jvim.14627.
- Liang, Y. (2023). “Pathogenicity and Virulence of Influenza ABSTRACT.” *Virulence* 14(1):1–21. doi: 10.1080/21505594.2023.2223057.
- Naulet, G, Antoine R, Pierre D, Harald B, & Fabien D. (2018). “Monoprotection of Arylene-Diacetic Acids Allowing the Build-Up of Longer Aromatic Ribbons by Successive Perkin Condensations.” *European Journal of Organic Chemistry* 2018(5):619–26. doi:

10.1002/ejoc.201701499.

Pathy, K. (2017). "The Influenza A Virus Subtypes H1N1, H1N2 and H3N2 ,HDFx: A Novel Immunomodulator and Potential Fighter Against Cytokine Storms in Viral Flu Infections-Carica Papaya Linn." *International Journal of Case Studies in Clinical Research* 1(8):156–62. doi: 10.25141/2472-102x-2017-8.0162.

Payungporn, Sunchai, P. Cynda C, Theodore S. K, Li MC, Justine P, William L. C, Edward J. D, Jacqueline M. K, & Ruben O. D. (2008). "Influenza A Virus (H3N8) in Dogs with Respiratory Disease, Florida." *Emerging Infectious Diseases* 14(6):902–8. doi: 10.3201/eid1406.071270.

Shim, D. H., Jeong K. K., Minki Hong, Woonsung Na, Yong A. Park, Seong Jun Park, Daesub Song, Jae Myun Lee, and Hye Kwon Kim. (2015). "HA1-Specific Indirect ELISA for Serological Detection of Canine Influenza Virus H3N2 Infection in Dogs." *Journal of Virological Methods* 215–216:9–12. doi: 10.1016/J.JVIROMET.2015.01.007.

Short, Kirsty R., Mathilde Richard, Josanne H. Verhagen, Debby van Riel, Eefje J. A. Schrauwen, Judith M. A. van den Brand, Benjamin Mänz, Rogier Bodewes, and Sander Herfst. (2015). "One Health, Multiple Challenges: The Inter-Species Transmission of Influenza A Virus." *One Health* 1:1–13. doi: 10.1016/j.onehlt.2015.03.001.

Sykes, Jane E., and Mark G. Papich. (2020). "Free Information in English and Mandarin on the Novel Coronavirus COVID- CHAPTER 7 Antiviral and Immunomodulatory Drugs." (January).

Voorhees, Ian E. H., Amy L. Glaser, Kathy Toohey-Kurth, Sandra Newbury, Benjamin D. Dalziel, Edward J. Dubovi, Keith Poulsen, Christian Leutenegger, Katriina J. E. Willgert, Laura Brisbane-Cohen, Jill Richardson-Lopez, Edward C. Holmes, and Colin R. Parrish. (2017). "Spread of Canine Influenza a(H3N2) Virus, United States." *Emerging Infectious Diseases* 23(12):1950–57. doi: 10.3201/eid2312.170246.

Wang, Chenxi, Qian Wang, Junyi Hu, Honglei Sun, Juan Pu, Jinhua Liu, and Yipeng Sun. (2017). "A Multiplex RT-PCR Assay for Detection and Differentiation of Avian-Origin Canine H3N2, Equine-Origin H3N8, Human-Origin H3N2, and H1N1/2009 Canine Influenza Viruses." *PLoS ONE* 12(1):1–12. doi: 10.1371/journal.pone.0170374.

Wasik, Brian R., Evin Rothschild, Ian E. H. Voorhees, Stephanie E. Reedy, Pablo R. Murcia, Nicola Pusterla, Thomas M. Chambers, Laura B. Goodman, Edward C. Holmes, James C. Kile, and Colin R. Parrish. (2023). "Understanding the Divergent Evolution and Epidemiology of H3N8 Influenza Viruses in Dogs and Horses." *Virus Evolution* 9(2):1–14. doi: 10.1093/ve/vead052.