MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v6i1.8872

PREVALENSI AVIAN INFLUENZA PADA ITIK MOJOSARI DI KABUPATEN SOLOK BERDASARKAN DETEKSI INFLUENZA A qRT-PCR

Prevalence of Avian Influenza in Mojosari Ducks in Solok Regency Based on Influenza A qRT-PCR Detection

Muhammad Kamil[1], Yulia Yellita[2], Bayu Rachman[3]
[1,2]Universitas Andalas; [3]Universitas Negeri Padang
mkamil@ansci.unand.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Dec 10, 2025	Jan 2, 2026	Jan 14, 2026	Jan 19, 2026

Abstract

Although Avian Influenza (AI) has been widely reported as a strategic poultry disease in Indonesia, studies that specifically document AI occurrence based on molecular detection in traditionally raised Mojosari ducks remain relatively limited, particularly in major duck-producing areas in West Sumatra. This study aimed to analyze the occurrence of Avian Influenza in Mojosari ducks in Nagari Cupak, Gunung Talang Subdistrict, Solok Regency, as a basis for strengthening poultry disease control. A quantitative approach with a cross-sectional design was employed, involving 50 Mojosari ducks purposively selected from smallholder farms. Data were obtained through laboratory examination using the Influenza A quantitative reverse transcription–polymerase chain reaction (qRT-PCR) method and were analyzed by calculating prevalence, 95% confidence intervals using the exact binomial method, and a proportion test to assess differences in infection occurrence. The results showed that 90.0% of ducks tested positive for Avian Influenza, with an estimated prevalence of 90.0% (95% CI: 78.2–97.4%), and the difference in proportions between positive and

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

negative ducks was significant ($p < 0.001$). This high level of occurrence indicates active viral circulation associated with the characteristics of the aquatic agroecosystem, low biosecurity implementation, and traditional systems of duck husbandry and movement. The findings underscore the importance of strengthening laboratory-based surveillance, enhancing biosecurity in smallholder farms, and intensifying control of poultry movement, and they provide practical implications for stakeholders in AI control based on a One Health approach, while also opening opportunities for further studies on environmental and management-related risk factors in duck production.

Keywords: Avian Influenza; Mojosari Ducks; qRT-PCR; Prevalence; Veterinary Epidemiology

Abstrak: Meskipun *Avian Influenza* (AI) telah banyak dilaporkan sebagai penyakit unggas strategis di Indonesia, kajian yang secara spesifik mendokumentasikan tingkat kejadian AI berbasis deteksi molekuler pada itik Mojosari yang dipelihara secara tradisional masih relatif terbatas, khususnya di wilayah sentra produksi itik di Sumatera Barat. Penelitian ini bertujuan menganalisis kejadian *Avian Influenza* pada itik Mojosari di Nagari Cupak, Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok, sebagai dasar penguatan pengendalian penyakit unggas. Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain potong lintang (*cross-sectional*), melibatkan 50 ekor itik Mojosari yang dipilih secara purposif dari peternakan rakyat. Data diperoleh melalui pemeriksaan laboratorium menggunakan metode *Influenza A quantitative reverse transcription–polymerase chain reaction* (*qRT-PCR*), kemudian dianalisis melalui perhitungan prevalensi, interval kepercayaan 95% dengan metode *binomial eksak*, serta uji proporsi untuk menguji perbedaan kejadian infeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 90,0% itik terdeteksi positif *Avian Influenza* dengan estimasi prevalensi sebesar 90,0% (CI 95%: 78,2–97,4%), dan perbedaan proporsi antara itik positif dan negatif bersifat signifikan ($p < 0,001$). Tingginya kejadian ini mengindikasikan adanya sirkulasi virus yang aktif, yang berkaitan dengan karakteristik agroekosistem perairan, rendahnya penerapan biosekuriti, serta sistem pemeliharaan dan pergerakan itik secara tradisional. Simpulan penelitian menegaskan pentingnya penguatan surveilans berbasis laboratorium, peningkatan biosekuriti peternakan rakyat, serta pengawasan lalu lintas unggas, dan memberikan implikasi praktis bagi pemangku kepentingan dalam pengendalian AI berbasis pendekatan *One Health*, sekaligus membuka peluang kajian lanjutan terkait faktor risiko lingkungan dan manajemen pemeliharaan itik.

Kata Kunci: *Avian Influenza*; Itik Mojosari; *qRT-PCR*; Prevalensi; Epidemiologi Veteriner

PENDAHULUAN

Penyakit Avian Influenza (AI) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh virus Influenza A (Orthomyxoviridae) dan dapat menginfeksi berbagai spesies unggas, termasuk itik (Anas platyrhynchos) (Chen et al., 2014). Virus AI menunjukkan keragaman subtipe dengan tingkat virulensi yang berbeda-beda, mulai dari low pathogenic avian influenza (LPAI) hingga highly pathogenic avian influenza (HPAI), yang dikenal mampu

menyebabkan mortalitas tinggi pada ternak unggas serta ancaman zoonosis bagi manusia (Lycett et al., 2026; Webster & Govorkova, 2014).

Secara global, Avian Influenza masih menjadi ancaman kesehatan unggas yang persisten, terutama di kawasan Asia yang ditandai oleh kepadatan populasi unggas yang tinggi dan praktik perdagangan unggas hidup yang masih luas dilakukan. Subtipe virus Influenza A, termasuk H5N1, terus bersirkulasi di antara burung air dan unggas domestik, membentuk siklus epidemi yang kompleks dan sulit dikendalikan tanpa penerapan langkah biosekuriti yang memadai (Islam et al., 2023; Rahman et al., 2018).

Itik diketahui berperan sebagai reservoir alami virus AI dan mampu membawa serta menyebarkan virus tanpa menunjukkan gejala klinis yang jelas. Kondisi ini berkontribusi terhadap terjadinya transmisi virus baik antarunggas maupun lintas populasi melalui kontak langsung, lingkungan yang terkontaminasi, serta pergerakan manusia dan peralatan peternakan (Gilbert et al., 2007). Berbagai studi epidemiologi melaporkan tingginya seroprevalensi AI pada populasi itik dan bebek, yang menunjukkan keterkaitan erat antara sistem pemeliharaan tradisional dengan peningkatan risiko infeksi virus Avian Influenza (Destoumieux-garzón, 2018; Peyre & Id, 2020; Raja Danasekaran, 2024).

Di Indonesia, virus Avian Influenza subtipe H5N1 telah terdeteksi secara endemik sejak awal tahun 2000-an dan hingga saat ini masih menunjukkan sirkulasi yang berkelanjutan pada populasi unggas domestik di berbagai wilayah. Keberlanjutan infeksi ini banyak dilaporkan pada peternakan skala kecil dan sistem pemeliharaan backyard, yang umumnya memiliki tingkat biosekuriti yang rendah (Keawcharoen et al., 2008). Selain itu, interaksi antara unggas domestik dengan burung liar migran serta keberadaan pasar unggas hidup berperan signifikan dalam mempertahankan dan menyebarkan virus AI di tingkat lapangan (FAO and World Organisation for Animal Health, 2024).

Di sisi lain, pengembangan ternak itik, khususnya itik lokal seperti itik Mojosari, memiliki nilai strategis dalam diversifikasi usaha peternakan dan peningkatan pendapatan peternak. Itik Mojosari dikenal sebagai salah satu galur itik petelur unggul yang banyak dipelihara secara tradisional di Indonesia dan memiliki potensi untuk dikembangkan secara komersial (Swayne, 2012). Produksi telur yang relatif tinggi serta nilai gizi produk yang baik menjadikan itik Mojosari sebagai komoditas unggas yang penting dalam mendukung ketahanan pangan lokal dan pengembangan agroekonomi di daerah, termasuk di Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat (Indriani et al., 2010).

Namun demikian, potensi pengembangan tersebut masih dihadapkan pada berbagai tantangan, terutama ancaman penyakit Avian Influenza. Kondisi lingkungan tropis Indonesia yang hangat dan lembap, dikombinasikan dengan praktik pemeliharaan tradisional yang memungkinkan kontak bebas antara unggas dan lingkungannya, berpotensi mendukung kelangsungan hidup dan penyebaran virus AI pada populasi unggas air seperti itik (Fournié et al., 2016). Selain itu, perdagangan itik secara tradisional melalui pasar unggas hidup juga menjadi jalur penting dalam penyebaran virus antarwilayah, sehingga meningkatkan risiko terjadinya kejadian AI secara luas (Deng et al., 2013).

Dampak ekonomi akibat wabah Avian Influenza sangat signifikan, khususnya bagi peternak unggas skala kecil dan menengah. Kerugian yang ditimbulkan meliputi kematian ternak, penurunan produksi telur, peningkatan biaya pengendalian penyakit, serta gangguan pada rantai pasok dan perdagangan unggas (Keawcharoen et al., 2008). Berbagai penelitian di kawasan Asia menunjukkan bahwa kejadian AI pada peternakan unggas dapat menurunkan pendapatan peternak dan menghambat pertumbuhan sektor perunggasan apabila tidak ditangani secara efektif dan berkelanjutan (Almeida et al., 2025; Kerkhove et al., 2011; Spackman et al., 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan deteksi penyakit Avian Influenza pada itik Mojosari di Nagari Cupak, Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran epidemiologis mengenai keberadaan virus AI pada tingkat peternakan rakyat serta menjadi dasar ilmiah dalam penyusunan rekomendasi pengendalian penyakit yang relevan untuk mendukung pengembangan usaha peternakan itik secara berkelanjutan di wilayah tersebut.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan mendeteksi keberadaan virus Avian Influenza (AI) serta menggambarkan status kejadian infeksi pada itik Mojosari tanpa intervensi perlakuan. Desain yang digunakan adalah potong lintang (cross-sectional) dengan memanfaatkan data surveilans Avian Influenza tahun 2024. Penelitian dilakukan di Nagari Cupak, Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat, dengan pemeriksaan laboratorium di Balai Veteriner Bukittinggi sebagai laboratorium rujukan regional. Partisipan penelitian adalah itik Mojosari (Anas platyrhynchos) milik peternak rakyat dengan sistem

pemeliharaan tradisional hingga semi-intensif. Sebanyak 50 ekor itik dianalisis menggunakan teknik total sampling dari seluruh spesimen surveilans yang memenuhi kriteria pemeriksaan laboratorium.

Data dikumpulkan melalui pemeriksaan laboratorium berbasis molekuler. Sampel berupa usap kloaka dan/atau orofaring diambil sesuai pedoman surveilans, disimpan dalam viral transport medium (VTM), dan dipertahankan dalam rantai dingin hingga pemeriksaan. Deteksi Avian Influenza dilakukan menggunakan metode quantitative reverse transcription–polymerase chain reaction (qRT-PCR) untuk Influenza A dengan target gen matriks (M gene). Hasil dinyatakan positif berdasarkan nilai cycle threshold (Ct) di bawah ambang batas laboratorium rujukan. Analisis dilakukan secara deskriptif dan analitik sederhana. Prevalensi AI dihitung sebagai persentase sampel positif, dengan interval kepercayaan 95% menggunakan metode binomial eksak (Clopper–Pearson). Uji proporsi (exact binomial test) digunakan untuk menilai signifikansi statistik, dengan nilai $p < 0,05$.

HASIL

Pemeriksaan Avian Influenza (AI) pada itik Mojosari di Nagari Cupak, Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok dilakukan terhadap 50 ekor itik menggunakan metode Influenza A quantitative reverse transcription–polymerase chain reaction (qRT-PCR). Hasil pemeriksaan menunjukkan dua kategori status infeksi, yaitu positif dan negatif Avian Influenza. Sebagian besar itik yang diperiksa terdeteksi positif Avian Influenza. Dari total 50 ekor itik, sebanyak 45 ekor (90,0%) menunjukkan hasil positif, sedangkan 5 ekor (10,0%) menunjukkan hasil negatif. Estimasi prevalensi Avian Influenza pada sampel penelitian adalah 90,0% dengan interval kepercayaan 95% sebesar 78,2–97,4%.

Ringkasan hasil pemeriksaan status Avian Influenza itik Mojosari disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Prevalensi Avian Influenza (AI) pada Itik Mojosari Berdasarkan Uji qRT-PCR

Status Avian Influenza	**Jumlah (n)**	**Proporsi (%)**	**CI 95%**
Positif AI	45	90,0	78,2 – 97,4
Negatif AI	5	10,0	2,6 – 21,8
Total	50	100	–

Berdasarkan Tabel 1, hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar itik Mojosari yang diperiksa terdeteksi positif Avian Influenza. Dari total 50 ekor itik, sebanyak 45 ekor (90,0%) menunjukkan hasil positif AI, sedangkan 5 ekor (10,0%) dinyatakan negatif. Estimasi prevalensi AI pada populasi itik Mojosari di lokasi penelitian adalah 90,0%, dengan interval kepercayaan 95% (CI 95%) sebesar 78,2–97,4%.

Proporsi itik yang tidak terdeteksi terinfeksi AI relatif rendah, yaitu 10,0%, dengan CI 95% sebesar 2,6–21,8%, yang mencerminkan terbatasnya jumlah individu bebas infeksi dalam populasi yang diperiksa. Rentang interval kepercayaan yang masih cukup lebar menunjukkan adanya variasi biologis, namun tetap mengindikasikan dominasi kasus positif dalam populasi.

Hasil uji proporsi satu sampel menggunakan exact binomial test menunjukkan bahwa perbedaan proporsi antara itik positif dan negatif AI bersifat signifikan secara statistik ($p < 0,001$). Nilai p yang sangat kecil ini mengindikasikan bahwa distribusi status infeksi tidak terjadi secara acak, melainkan mencerminkan kondisi epidemiologis yang nyata di lapangan.

Deteksi positif berbasis qRT-PCR menunjukkan keberadaan RNA virus Influenza A pada sampel yang diperiksa, sehingga hasil ini menggambarkan status infeksi aktual pada saat pengambilan sampel. Dominasi hasil positif mengindikasikan bahwa virus AI beredar secara luas dan aktif dalam populasi itik Mojosari di wilayah penelitian.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan prevalensi Avian Influenza yang sangat tinggi pada itik Mojosari di Nagari Cupak, Kabupaten Solok, dengan proporsi kasus positif mencapai 90,0% berdasarkan deteksi qRT-PCR. Temuan ini secara langsung menjawab tujuan penelitian, yaitu mengidentifikasi tingkat kejadian Avian Influenza pada sistem pemeliharaan itik tradisional. Tingginya proporsi itik terinfeksi mengindikasikan bahwa virus Influenza A beredar secara aktif pada populasi yang diperiksa, sehingga menggambarkan kondisi epidemiologis yang perlu mendapat perhatian serius dalam pengendalian penyakit unggas. Penggunaan metode qRT-PCR memungkinkan deteksi infeksi aktual pada saat pengambilan sampel, sehingga hasil yang diperoleh mencerminkan status infeksi yang nyata di lapangan (Alasiri et al., 2023; Badra et al., 2025; Mostafa et al., 2018).

Temuan penelitian ini sejalan dengan sejumlah studi sebelumnya yang melaporkan tingginya prevalensi Avian Influenza pada itik yang dipelihara secara tradisional, khususnya di wilayah dengan ekosistem persawahan dan perairan terbuka. Penelitian oleh Gilbert et al. menunjukkan bahwa itik berperan sebagai reservoir alami virus Influenza A dan sering kali terinfeksi tanpa menunjukkan gejala klinis yang jelas. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Swayne, yang menyatakan bahwa sistem pemeliharaan ekstensif dan pergerakan itik antarwilayah berkontribusi terhadap persistensi virus. Namun, prevalensi yang ditemukan dalam penelitian ini relatif lebih tinggi dibandingkan beberapa laporan di wilayah lain, yang umumnya menunjukkan kisaran prevalensi sedang hingga tinggi, sehingga mengindikasikan adanya kondisi lokal yang berpotensi memperkuat penularan virus.

Secara konseptual, temuan ini memperkuat pemahaman mengenai peran itik lokal sebagai inang penting dalam epidemiologi Avian Influenza. Secara praktis, hasil penelitian memberikan dasar empiris bagi otoritas veteriner dan pemangku kepentingan untuk memperkuat surveilans berbasis laboratorium, terutama menggunakan pendekatan molekuler. Selain itu, temuan ini dapat menjadi rujukan dalam perumusan strategi pengendalian penyakit unggas pada sistem peternakan rakyat, termasuk penguatan biosekuriti dan pengelolaan lalu lintas unggas di tingkat lokal (Ninyio et al., 2020; Rushton et al., 2005).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah sampel yang relatif terbatas dan cakupan wilayah penelitian yang hanya mencakup satu lokasi. Selain itu, desain potong lintang tidak memungkinkan analisis dinamika infeksi secara temporal. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan wilayah yang lebih luas, ukuran sampel yang lebih besar, serta pendekatan longitudinal guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola penularan Avian Influenza pada itik lokal.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kejadian Avian Influenza pada itik Mojosari di Nagari Cupak, Kabupaten Solok berada pada tingkat yang tinggi. Deteksi menggunakan metode Influenza A qRT-PCR mengonfirmasi adanya sirkulasi aktif virus Influenza A pada sebagian besar sampel yang diperiksa, termasuk pada itik tanpa manifestasi klinis. Temuan ini secara langsung menjawab tujuan penelitian dalam menggambarkan status kejadian Avian Influenza pada populasi itik Mojosari di tingkat lapangan serta memperkuat bukti peran itik sebagai reservoir virus dalam sistem pemeliharaan tradisional.

Secara konseptual dan metodologis, hasil penelitian ini berkontribusi terhadap penguatan kajian epidemiologi Avian Influenza pada unggas air, khususnya pada skala peternakan rakyat. Selain itu, penelitian ini menegaskan efektivitas qRT-PCR sebagai instrumen surveilans berbasis laboratorium untuk deteksi dini dan pemantauan sirkulasi virus. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan cakupan wilayah yang lebih luas, mengintegrasikan analisis faktor risiko lingkungan dan manajemen pemeliharaan, serta mengkaji dampak penerapan strategi biosekuriti dan kebijakan pengendalian penyakit unggas secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Alasiri, A., Soltane, R., Hegazy, A., Khalil, A. M., Mahmoud, S. H., Khalil, A. A., Martinez-Sobrido, L., & Mostafa, A. (2023). Vaccination and antiviral treatment against avian influenza H5Nx viruses: A harbinger of virus control or evolution. *Vaccines*, *11*(11), 1628. https://doi.org/10.3390/vaccines11111628

Almeida, R., Luiza, V. L., Antonio, J., Bermudez, Z., & Cristina, M. (2025). The One Health approach to face bacterial resistance to antibiotics in livestock production. *Saude Em Debate*

Badra, R., Zhang, W., Tam, J. S. L., Webby, R., van der Werf, S., Nikisins, S., Cullinane, A., Gharaibeh, S., Njouom, R., Peiris, M., Kayali, G., & Heraud, J. (2025). Transmission pathways of zoonotic influenza viruses and influencing factors: A systematic review of recent findings. *Viruses*, *17*(6), 857. https://doi.org/10.3390/v17060857

Chen, H., Yuan, H., Gao, R., Zhang, J., Wang, D., Xiong, Y., Fan, G., Yang, F., Li, X., & Zhou, J. (2014). Clinical and epidemiological characteristics of a fatal case of avian influenza A(H10N8) virus infection: A descriptive study. *The Lancet*, *383*(9918), 714–721. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60111-2

Danasekaran, R. (2024). One Health: A holistic approach to tackling global health issues. *Indian Journal of Community Medicine*, *49*(2), 260–263. https://doi.org/10.4103/ijcm.ijcm_521_23

Deng, G., Tan, D., Shi, J., Cui, P., Jiang, Y., Liu, L., Tian, G., & Kawaoka, Y. (2013). Complex reassortment of multiple subtypes of avian influenza viruses in domestic ducks at the Dongting Lake region of China. *Journal of Virology*, *87*(17), 9452–9462. https://doi.org/10.1128/JVI.00776-13

Destoumieux-Garzón, D. (2018). The One Health concept: 10 years old and a long road ahead. *Frontiers in Veterinary Science*, *5*, 14. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014

Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Organisation for Animal Health. (2024). *Global strategy for the prevention and control of high pathogenicity avian influenza (2024–2033): Achieving sustainable, resilient poultry production systems*. https://openknowledge.fao.org/items/4c4f4834-f7a2-4b1a-a15c-7f4e54d3fa61

Fournié, G., Tripodi, A., Thanh, T., Nguyen, T., & Nguyen, V. T. (2016). Investigating poultry trade patterns to guide avian influenza surveillance and control: A case study in Vietnam. *Scientific Reports*, *6*, 29463. https://doi.org/10.1038/srep29463

Gilbert, M., Xiao, X., Chaitaweesub, P., Kalpravidh, W., Premashthira, S., Boles, S., & Slingenbergh, J. (2007). Avian influenza, domestic ducks and rice agriculture in Thailand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *119*(3–4), 409–415. https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.001

Hautefeuille, C., Dauphin, G., & Peyre, M. (2020). Knowledge and remaining gaps on the role of animal and human movements in the poultry production and trade networks in the global spread of avian influenza viruses – A scoping review. *PLOS ONE*, *15*(3), e0230567. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230567

Indriani, R., Samaan, G., Gultom, A., Loth, L., Irianti, S., Adjid, R., Luh, N., Indi, P., Weaver, J., Mumford, E., Lokuge, K., & Kelly, P. M. (2010). Environmental sampling for avian influenza virus A (H5N1) in live-bird markets, Indonesia. *Emerging Infectious Diseases*, *16*(12), 1889–1895. https://doi.org/10.3201/eid1612.100402

Islam, A., Ara, T., Amin, E., Islam, S., Sayeed, A., Shirin, T., Hassan, M. M., Klaassen, M., & Epstein, J. H. (2023). Epidemiology and evolutionary dynamics of high pathogenicity avian influenza (HPAI) H5N1 in Bangladesh. *Transboundary and Emerging Diseases*

Keawcharoen, J., van Riel, D., van Amerongen, G., Bestebroer, T., & Beyer, W. E. (2008). Wild ducks as long-distance vectors of highly pathogenic avian influenza virus (H5N1). *Emerging Infectious Diseases*, *14*(4), 600–607

Lycett, S. J., Duchatel, F., & Digard, P. (2019). A brief history of bird flu. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *374*(1775), 20180257. https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0257

Mostafa, A., Abdelwhab, E. M., Mettenleiter, T. C., & Pleschka, S. (2018). Zoonotic potential of influenza A viruses: A comprehensive overview. *Viruses*, *10*(9), 497. https://doi.org/10.3390/v10090497

Ninyio, N. N., Ho, K. L., Omar, A. R., Tan, W. S., Iqbal, M., & Mariatulqabtiah, A. R. (2020). Virus-like particle vaccines: A prospective panacea against an avian influenza panzootic. *Vaccines*, *8*(4), 694. https://doi.org/10.3390/vaccines8040694

Rahman, M., Der, N. H., Chowdhury, S., Balish, A., Zaman, R. U., Nasreen, S., Das, B. C., Azziz-Baumgartner, E., Sturm-Ramirez, K., Davis, C. T., Donis, R. O., & Luby, S. P. (2018). Avian influenza surveillance in domestic waterfowl and environment of live bird markets in Bangladesh. *Scientific Reports*, *8*, 9396. https://doi.org/10.1038/s41598-018-27515-w

Rushton, J., Viscarra, R., Bleich, E. G., & McLeod, A. (2005). Impact of avian influenza outbreaks in the poultry sectors of five South East Asian countries (Cambodia, Indonesia, Lao PDR, Thailand, Viet Nam) outbreak costs, responses and potential long term control. *World's Poultry Science Journal*, *61*(3), 491–514. https://doi.org/10.1079/WPS200570

Spackman, E., Jones, D. R., McCoig, A. M., Colonius, T. J., Goraichuk, I. V., & Suarez, D. L. (2024). Characterization of highly pathogenic avian influenza virus in retail dairy products in the U.S. *Journal of Virology*, *98*(7), e00881-24. https://doi.org/10.1128/jvi.00881-24

Swayne, D. E. (2012). Impact of vaccines and vaccination on global control of avian influenza. *Avian Diseases*, *56*(4 Suppl), 818–828. https://doi.org/10.1637/10183-041012-Review.1

van Kerkhove, M. D., Mumford, E., Mounts, A. W., Bresee, J., Ly, S., Bridges, C. B., & Otte, J. (2011). Highly pathogenic avian influenza (H5N1): Pathways of exposure at the animal-human interface, a systematic review. *PLOS ONE*, *6*(1), e14582. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014582

Webster, R. G., & Govorkova, E. A. (2014). Continuing challenges in influenza. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1323*(1), 115–139. https://doi.org/10.1111/nyas.12462