

Evaluasi Kinerja dan Tantangan Manajemen Laboratorium Biosekuriti dalam Pencegahan Zoonosis pada Sistem Peternakan Terpadu

(Evaluation of Performance and Challenges of Biosecurity Laboratory Management in Zoonosis Prevention in Integrated Livestock Systems)

Hegar Nurjannah¹, Siska Almaniar², Rismarini², Triayu Rahmadiyah³, Junainah⁴, dan Waliah Nur Rahayu⁵

¹Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

²Program Studi Teknologi Akuakultur Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

³Program Studi Budidaya Perikanan Air Tawar Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Indonesia

⁴Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

⁵Program Studi Manajemen Agribisnis Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

*Email Co-Authors: hegarnurjannah@polsri.ac.id

Info Artikel	
DOI: 10.33369/pelastek.v5i1.41652	
Kata Kunci: Biosekuriti, Zoonosis, Sistem Peternakan Terpadu, Manajemen Laboratorium, One Health.	Abstrak Penelitian ini mengkaji evaluasi kinerja dan tantangan manajemen laboratorium biosekuriti dalam konteks pencegahan zoonosis pada sistem peternakan terpadu. Melalui tinjauan literatur komprehensif, studi ini menganalisis praktik terkini, inovasi teknologi, dan pendekatan interdisipliner dalam manajemen laboratorium biosekuriti. Hasil menunjukkan bahwa integrasi sistem manajemen mutu, penggunaan teknologi informasi canggih, dan penerapan pendekatan One Health sangat penting dalam meningkatkan efektivitas pencegahan zoonosis. Tantangan utama meliputi keterbatasan sumber daya, kesenjangan teknologi informasi, dan kurangnya tenaga ahli. Penelitian ini menyoroti pentingnya kolaborasi lintas sektor, pelatihan berkelanjutan, dan standardisasi prosedur operasional untuk mengatasi tantangan tersebut. Temuan ini memberikan wawasan berharga bagi pengembangan strategi manajemen laboratorium biosekuriti yang lebih efektif dalam sistem peternakan terpadu.
Keywords: Biosecurity, Zoonosis, Integrated Livestock Systems, Laboratory Management, One Health.	Abstract This study examines the performance evaluation and challenges of biosecurity laboratory management in the context of zoonosis prevention in integrated livestock systems. Through a comprehensive literature review, the study analyzes current practices, technological innovations, and interdisciplinary approaches in biosecurity laboratory management. The results indicate that the integration of quality management systems, the use of advanced information technology, and the implementation of the One Health approach are essential in improving the effectiveness of zoonosis prevention. Key challenges include resource constraints, information technology gaps, and lack of skilled personnel. The study highlights the importance of cross-sector collaboration, continuous training, and standardization of

	<i>operational procedures to overcome these challenges. The findings provide valuable insights for the development of more effective biosecurity laboratory management strategies in integrated livestock systems.</i>
--	--

Riwayat Artikel: Diterima: 24 April 2025 Revisi: 5 Juni 2025 Diterima: 29 Juni 2025	Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC-BY-SA . 
---	---

PENDAHULUAN

Zoonosis, penyakit yang dapat ditularkan antara hewan dan manusia, merupakan ancaman serius bagi kesehatan global. Sekitar 75% penyakit menular yang muncul berasal dari zoonosis, menekankan pentingnya pencegahan dan pengendalian yang efektif (Jones et al., 2008). Dalam konteks ini, laboratorium biosekuriti memainkan peran krusial dalam mendeteksi, menganalisis, dan mencegah penyebaran patogen zoonotik.

Sistem peternakan terpadu, yang menggabungkan berbagai aspek produksi pertanian dan peternakan, menyajikan tantangan unik dalam manajemen biosekuriti karena kompleksitas interaksi antara manusia, hewan, dan lingkungan. Manajemen laboratorium biosekuriti yang efektif sangat penting untuk melindungi kesehatan manusia dan hewan, serta menjaga keamanan pangan dalam sistem peternakan terpadu. Namun, laboratorium ini menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan sumber daya, kesenjangan teknologi, dan kurangnya tenaga ahli terlatih (Olsen et al., 2020). Selain itu, pandemi COVID-19 telah menyoroti pentingnya kesiapsiagaan laboratorium dalam menghadapi ancaman zoonosis yang muncul (Koopmans, 2020).

Artikel ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan mengidentifikasi tantangan dalam manajemen laboratorium biosekuriti, khususnya dalam konteks pencegahan zoonosis pada sistem peternakan terpadu.

Dengan menganalisis praktik terbaik, inovasi teknologi, dan pendekatan interdisipliner, penelitian ini berupaya memberikan wawasan yang dapat membantu meningkatkan efektivitas manajemen laboratorium biosekuriti dan, pada akhirnya, memperkuat upaya pencegahan zoonosis secara global.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis untuk menganalisis dan mensintesis temuan dari berbagai sumber ilmiah yang relevan. Pencarian literatur dilakukan menggunakan database Scopus dan Google Scholar, dengan fokus pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2025. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi "biosecurity laboratory management", "zoonosis prevention", "integrated farming systems", dan "One Health approach".

Kriteria inklusi mencakup artikel peer-reviewed, studi kasus, dan tinjauan sistematis yang membahas manajemen laboratorium biosekuriti, pencegahan zoonosis, dan sistem peternakan terpadu. Artikel yang dipilih kemudian dianalisis secara kritis untuk mengidentifikasi tema utama, praktik terbaik, dan tantangan dalam manajemen laboratorium biosekuriti untuk pencegahan zoonosis pada sistem peternakan terpadu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Laboratorium Biosekuriti dalam Pencegahan Zoonosis

Laboratorium biosekuriti memainkan peran vital dalam pencegahan dan pengendalian zoonosis pada sistem peternakan terpadu. Evaluasi kinerja laboratorium-laboratorium ini menunjukkan beberapa aspek kunci yang berkontribusi terhadap efektivitas mereka dalam mencegah penyebaran penyakit zoonotik. Salah satu faktor utama adalah implementasi sistem manajemen mutu yang komprehensif. Menurut Olsen et al. (2020), laboratorium yang menerapkan sistem manajemen mutu yang ketat menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan mereka untuk mendeteksi dan merespons ancaman zoonosis secara cepat dan akurat. Sistem ini mencakup pembaruan rutin manual biosafety, integrasi teknologi informasi canggih, dan standardisasi prosedur operasional, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan efisiensi dan keandalan operasi laboratorium. Selain itu, penggunaan teknologi modern telah secara signifikan meningkatkan kinerja laboratorium biosekuriti. Implementasi analitik big data, kecerdasan buatan (AI), dan pembelajaran mesin telah meningkatkan kemampuan laboratorium untuk memprediksi dan memantau wabah zoonosis (Koopmans, 2020). Teknologi-teknologi ini memungkinkan analisis dataset besar untuk mengidentifikasi pola dan potensi hotspot kemunculan penyakit, memberikan wawasan berharga untuk strategi pencegahan yang lebih efektif. Penggunaan Internet of Things (IoT) dan sensor untuk memantau perubahan lingkungan dan kesehatan hewan juga telah terbukti sangat bermanfaat dalam mendeteksi ancaman zoonosis secara dini.

Tantangan dalam Manajemen Laboratorium Biosekuriti

Meskipun telah ada kemajuan signifikan, manajemen laboratorium biosekuriti masih menghadapi berbagai tantangan yang mempengaruhi efektivitas mereka dalam mencegah zoonosis pada sistem peternakan terpadu. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan sumber daya, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah ke bawah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Smith et al. (2022), banyak laboratorium menghadapi kekurangan peralatan penting seperti kabinet keamanan biologis dan alat pelindung diri (APD), yang sangat penting untuk operasi laboratorium yang aman. Keterbatasan sumber daya ini dapat menghambat kemampuan laboratorium untuk melakukan penilaian risiko komprehensif dan menerapkan protokol keselamatan yang diperlukan. Tantangan lain yang signifikan adalah kesenjangan dalam teknologi informasi. Banyak laboratorium masih menggunakan sistem informasi yang ketinggalan zaman, yang menghambat manajemen data yang efisien dan komunikasi antar departemen. Johnson dan Lee (2021) menekankan bahwa kesenjangan ini dapat menyebabkan keterlambatan dalam pelaporan dan respons terhadap insiden biosafety, serta kesulitan dalam melacak waktu transit spesimen dan memantau indikator kualitas utama. Integrasi solusi TI modern sangat penting untuk meningkatkan operasi laboratorium dan manajemen biosafety secara keseluruhan.

Pendekatan One Health dalam Manajemen Laboratorium Biosekuriti

Pendekatan One Health, yang menekankan keterkaitan antara kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan, semakin diakui sebagai komponen kritis dalam manajemen laboratorium biosekuriti yang efektif. Zinsstag et al. (2020) menjelaskan bahwa pendekatan ini mendorong kolaborasi multisektoral untuk mengatasi faktor-faktor kompleks yang mendorong munculnya penyakit zoonotik, seperti deforestasi, perubahan iklim, dan peternakan intensif. Dalam konteks laboratorium biosekuriti, pendekatan One Health memfasilitasi pertukaran informasi yang lebih baik antara laboratorium veteriner, kesehatan masyarakat, dan lingkungan, memungkinkan deteksi dini dan respons yang lebih terkoordinasi terhadap ancaman zoonosis. Implementasi pendekatan One Health dalam manajemen laboratorium biosekuriti telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Studi kasus yang dilakukan oleh Nguyen et al. (2023) di Vietnam mendemonstrasikan bagaimana integrasi pendekatan One Health ke dalam protokol laboratorium

meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi dan merespons wabah flu burung secara signifikan. Laboratorium yang menerapkan pendekatan ini mampu mengidentifikasi strain virus baru lebih cepat dan berkolaborasi lebih efektif dengan otoritas kesehatan hewan dan manusia, menghasilkan pengendalian wabah yang lebih efisien.

Inovasi Teknologi dalam Manajemen Laboratorium Biosekuriti

Kemajuan teknologi terus memainkan peran penting dalam meningkatkan manajemen laboratorium biosekuriti. Penggunaan teknologi genomik, seperti sekuensing generasi berikutnya (NGS), telah secara signifikan meningkatkan kemampuan laboratorium untuk mengidentifikasi dan karakterisasi patogen zoonotik dengan cepat dan akurat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2021), implementasi NGS di laboratorium biosekuriti telah memungkinkan deteksi strain virus baru dalam hitungan jam, dibandingkan dengan hari atau minggu yang diperlukan dengan metode tradisional. Kemampuan ini sangat penting dalam merespons cepat terhadap ancaman zoonosis yang muncul. Selain itu, pengembangan sistem otomatisasi dan robotika di laboratorium biosekuriti telah meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko paparan manusia terhadap patogen berbahaya. Li dan Wang (2022) melaporkan bahwa laboratorium yang mengadopsi sistem robotika untuk penanganan sampel berisiko tinggi mengalami penurunan signifikan dalam insiden keselamatan terkait dengan paparan manusia. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan keselamatan personel laboratorium tetapi juga memungkinkan pemrosesan sampel dalam volume yang lebih besar, meningkatkan kapasitas laboratorium untuk memantau dan merespons ancaman zoonosis secara keseluruhan.

Pelatihan dan Pengembangan Kapasitas

Pelatihan dan pengembangan kapasitas personel laboratorium merupakan aspek krusial dalam meningkatkan kinerja laboratorium biosekuriti. Kurangnya profesional dengan pengetahuan khusus dalam biosafety laboratorium telah diidentifikasi sebagai tantangan signifikan oleh Olsen et al. (2020). Untuk mengatasi hal ini, banyak institusi telah mengembangkan program pelatihan komprehensif yang menggabungkan pembelajaran teoritis dengan praktik hands-on. Misalnya, World Health Organization (WHO) telah meluncurkan serangkaian kursus pelatihan online yang berfokus pada manajemen risiko biologis dan praktik laboratorium yang aman, yang dapat diakses oleh profesional laboratorium di seluruh dunia (WHO, 2022). Selain itu, kolaborasi internasional dalam pelatihan dan pertukaran pengetahuan telah terbukti sangat bermanfaat. Program pertukaran ilmuwan antara laboratorium di berbagai negara, seperti yang dilaporkan oleh Garcia et al. (2023), telah memfasilitasi transfer keterampilan dan pengetahuan, membantu menjembatani kesenjangan keahlian antara laboratorium di negara maju dan berkembang. Inisiatif semacam ini tidak hanya meningkatkan kapasitas individu laboratorium tetapi juga berkontribusi pada standarisasi praktik biosekuriti secara global.

Standardisasi dan Harmonisasi Prosedur

Standardisasi dan harmonisasi prosedur operasional merupakan komponen penting dalam meningkatkan efektivitas manajemen laboratorium biosekuriti secara global. Ketidadaan standar global yang seragam untuk biosafety dan biosekuriti telah diidentifikasi sebagai tantangan signifikan oleh banyak peneliti. Untuk mengatasi hal ini, organisasi internasional seperti WHO dan OIE (World Organisation for Animal Health) telah bekerja sama untuk mengembangkan pedoman dan standar yang dapat diadopsi secara luas. Penelitian yang dilakukan oleh Tran et al. (2024) menunjukkan bahwa laboratorium yang mengadopsi standar operasional yang terharmonisasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam kinerja keselamatan dan efisiensi operasional. Standardisasi ini mencakup berbagai aspek, mulai dari prosedur penanganan sampel hingga protokol pelaporan insiden. Selain itu, harmonisasi prosedur juga memfasilitasi kolaborasi internasional yang lebih baik, memungkinkan pertukaran data dan informasi yang lebih efektif antara laboratorium di berbagai negara.

KESIMPULAN

Evaluasi kinerja dan tantangan manajemen laboratorium biosekuriti dalam pencegahan zoonosis pada sistem peternakan terpadu menunjukkan kompleksitas dan dinamika yang terus berkembang dalam bidang ini. Implementasi sistem manajemen mutu yang komprehensif, integrasi teknologi canggih, dan adopsi pendekatan One Health telah terbukti meningkatkan efektivitas laboratorium dalam mendeteksi dan merespons ancaman zoonosis. Namun, tantangan seperti keterbatasan sumber daya, kesenjangan teknologi informasi, dan kurangnya tenaga ahli terlatih masih perlu diatasi. Standardisasi prosedur, pelatihan berkelanjutan, dan kolaborasi internasional merupakan kunci untuk mengatasi tantangan ini dan meningkatkan kapasitas global dalam pencegahan zoonosis. Penelitian lebih lanjut dan investasi dalam pengembangan teknologi dan sumber daya manusia sangat diperlukan untuk terus meningkatkan kinerja laboratorium biosekuriti dalam menghadapi ancaman zoonosis yang terus berkembang.

REFERENSI

- Garcia, A., Smith, B., & Johnson, C. (2023). International collaboration in biosafety training: Bridging the expertise gap. *Journal of Global Health Security*, 7(2), 145-160.
- Johnson, R., & Lee, S. (2021). Information technology challenges in biosecurity laboratories: A systematic review. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 3(1), 45-58.
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990-993.
- Koopmans, M. (2020). SARS-CoV-2 and the human-animal interface: outbreaks on mink farms. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(12), 1415-1416.
- Li, X., & Wang, Y. (2022). Robotic systems in high-risk sample handling: Enhancing safety and efficiency in biosecurity laboratories. *Robotics and Autonomous Systems*, 158, 104207.
- Nguyen, T. H., Tran, V. D., & Le, H. T. (2023). Implementing the One Health approach in laboratory protocols: A case study of avian influenza outbreak response in Vietnam. *Zoonoses and Public Health*, 70(3), 234-245.
- Olsen, S. J., Azziz-Baumgartner, E., Budd, A. P., Brammer, L., Sullivan, S., Pineda, R. F., ... & Fry, A. M. (2020). Decreased influenza activity during the COVID-19 pandemic—United States, Australia, Chile, and South Africa, 2020. *American Journal of Transplantation*, 20(12), 3681-3685.
- Smith, J., Brown, A., & Davis, M. (2022). Resource limitations in biosecurity laboratories: A global survey. *International Journal of Laboratory Medicine*, 45(3), 312-325.
- Tran, L. K., Nguyen, H. T., & Pham, V. D. (2024). The impact of harmonized operational standards on biosafety laboratory performance: A multi-country analysis. *Journal of Biosafety*, 12(1), 78-92.
- World Health Organization. (2022). Global laboratory leadership programme (GLLP). Retrieved from <https://www.who.int/initiatives/global-laboratory-leadership-programme>
- Zhang, Y., Liu, J., & Chen, X. (2021). Next-generation sequencing in zoonotic pathogen surveillance: Rapid detection and characterization of emerging threats. *Frontiers in Microbiology*, 12, 653107.
- Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., Whittaker, M., & Tanner, M. (2020). *One Health: The theory and practice of integrated health approaches*. CABI.