

Perkembangan Teknologi dan Standarisasi Laboratorium Veteriner Modern: Sebuah Tinjauan Sistematis


Technological Developments and Standardization of Modern Veterinary Laboratories: A Systematic Review

Najiha Asrindayu^{1*}

¹Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Indonesia

*Email Co-Authors: najihhasrindayu@gmail.com

Info Artikel	
DOI: 10.33369/pelastek.v3i2.42728	
<p>Kata Kunci: Laboratorium Veteriner, Kecerdasan Buatan (AI), Standarisasi ISO, One Health, Keberlanjutan Lingkungan.</p>	<p>Abstrak Perkembangan teknologi dan standarisasi laboratorium veteriner modern telah mengalami transformasi signifikan, terutama dalam digitalisasi, implementasi kecerdasan buatan (AI), sistem manajemen mutu, pendekatan One Health, dan keberlanjutan lingkungan. Transformasi digital melalui AI meningkatkan akurasi diagnostik dan efisiensi operasional, terutama dalam analisis pencitraan dan prediksi penyakit. Standarisasi internasional (ISO/IEC 17025) dan pedoman World Organisation for Animal Health (WOAH) menjadi fondasi kritis untuk menjamin kualitas layanan. Pendekatan One Health memperkuat kolaborasi lintas sektor dalam menangani penyakit zoonosis dan krisis kesehatan global, seperti peran laboratorium veteriner selama pandemi COVID-19. Tantangan utama meliputi privasi data, biaya, dan etika penggunaan AI, serta kebutuhan integrasi praktik berkelanjutan (misalnya Green Labs) untuk mengurangi dampak lingkungan. Ke depan, laboratorium veteriner berpotensi berkembang melalui inovasi diagnostik canggih, kolaborasi kesehatan global, dan komitmen terhadap keberlanjutan ekologis.</p>
<p>Keywords: <i>Veterinary Laboratory, Artificial Intelligence (AI), ISO Standardization, One Health, Environmental Sustainability.</i></p>	<p>Abstract <i>The development of technology and standardization of modern veterinary laboratories has undergone significant transformation, particularly in digitalization, the implementation of artificial intelligence (AI), quality management systems, the One Health approach, and environmental sustainability. Digital transformation through AI improves diagnostic accuracy and operational efficiency, particularly in imaging analysis and disease prediction. International standardization (ISO/IEC 17025) and guidelines from the World Organisation for Animal Health (WOAH) serve as critical foundations for ensuring service quality. The One Health approach strengthens cross-sector collaboration in addressing zoonotic diseases and global health</i></p>

	<p><i>crises, such as the role of veterinary laboratories during the COVID-19 pandemic. Key challenges include data privacy, costs, and ethical use of AI, as well as the need for integration of sustainable practices (e.g., Green Labs) to reduce environmental impact. Looking ahead, veterinary laboratories have the potential to evolve through advanced diagnostic innovations, global health collaboration, and a commitment to ecological sustainability.</i></p>
<p>Riwayat Artikel: Diterima: 19 Juni 2025 Revisi: 23 Juni 2025 Diterima: 29 Juni 2025</p>	<p>Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC-BY-SA.</p> 

PENDAHULUAN

Laboratorium veteriner memainkan peran vital dalam mendukung kesehatan hewan dan kesehatan masyarakat melalui diagnosis penyakit, pemantauan kesehatan, dan penelitian. Dalam dekade terakhir, kemajuan teknologi yang pesat telah mengubah cara laboratorium veteriner beroperasi dan memberikan layanan diagnostik (Duncan et al., 2023). Perkembangan ini tidak hanya mencakup peralatan dan metode diagnostik yang lebih canggih, tetapi juga integrasi teknologi digital dan kecerdasan buatan yang meningkatkan efisiensi dan akurasi diagnosis.

Pentingnya laboratorium veteriner semakin disorot selama pandemi COVID-19, di mana fasilitas ini memainkan peran krusial dalam mendukung kapasitas pengujian yang diperlukan untuk agensi kesehatan masyarakat (Thompson et al., 2022). Hal ini menunjukkan fleksibilitas dan kapabilitas laboratorium veteriner dalam menangani berbagai tantangan kesehatan, termasuk penyakit zoonosis yang memiliki implikasi terhadap kesehatan manusia.

Standarisasi praktik laboratorium veteriner telah menjadi fokus utama organisasi profesional di seluruh dunia. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals yang diterbitkan oleh National Research Council menjadi dokumen fundamental yang menjadi dasar program perawatan dan penggunaan hewan di berbagai institusi (National Research Council, 2021). Selain itu, World Organisation for Animal Health (WOAH) telah menetapkan pedoman dan standar yang diakui secara internasional untuk praktik laboratorium veteriner (WOAH, 2024).

Integrasi pendekatan One Health, yang menggabungkan kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan, semakin memperkuat pentingnya laboratorium veteriner dalam sistem kesehatan global (Anderson et al., 2024). Pendekatan ini menekankan perlunya kolaborasi antara sektor kesehatan hewan dan manusia, terutama dalam menghadapi ancaman penyakit zoonosis dan persiapan menghadapi pandemi di masa depan.

Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan terkini dalam teknologi dan standarisasi laboratorium veteriner, dengan fokus khusus pada inovasi diagnostik, implementasi teknologi digital, dan dampaknya terhadap kualitas layanan kesehatan hewan. Artikel ini juga akan membahas tantangan yang dihadapi dan peluang pengembangan di masa depan.

METODE PENULISAN

Tinjauan sistematis ini mengikuti protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) dengan strategi pencarian literatur pada database Scopus, PubMed, dan ScienceDirect (2019–2024), menggunakan kata kunci terkait teknologi veteriner, standarisasi ISO/WOAH, One Health, dan keberlanjutan; dari 40 artikel awal, dilakukan penyaringan bertahap berdasarkan kriteria inklusi/eksklusi (peer-review, konteks relevan, metode jelas) hingga terpilih 10 studi primer, yang kemudian dianalisis secara kualitatif tematik dan kuantitatif deskriptif

untuk mensintesis temuan perkembangan teknologi, tantangan implementasi, serta dampak standarisasi dan pendekatan One Health, dengan validasi melalui triangulasi sumber dan penilaian kualitas berbasis CASP (Critical Appraisal Skills Programme).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi Digital dan Implementasi AI dalam Laboratorium Veteriner

Transformasi digital dalam laboratorium veteriner telah mengalami perkembangan signifikan dengan integrasi teknologi artificial intelligence (AI) yang meningkatkan akurasi diagnostik dan efisiensi operasional. Implementasi AI dalam pencitraan diagnostik veteriner telah terbukti meningkatkan kecepatan dan ketepatan analisis gambar, yang sangat penting untuk diagnosis yang tepat waktu dan akurat (Duncan et al., 2023). Sistem informasi laboratorium veteriner yang didukung AI juga berperan penting dalam menganalisis data medis dan memprediksi risiko penyakit, sehingga meningkatkan efisiensi operasional laboratorium dan hasil perawatan pasien (Thompson et al., 2022).

Penggunaan AI dalam praktik veteriner juga mencakup pengembangan alat pembelajaran seperti VetClinPathGPT untuk pendidikan veteriner dan penelitian pengembangan obat. Meskipun menawarkan berbagai peluang, implementasi AI juga menghadirkan tantangan terkait privasi data, keandalan, etika, dan biaya yang perlu diatasi secara cermat (Anderson et al., 2024). Masa depan AI dalam diagnostik veteriner menunjukkan potensi yang menjanjikan untuk membuat pengujian lebih cepat, lebih cerdas, dan lebih akurat, termasuk kemajuan dalam analisis darah dan tes diagnostik lainnya.

Standarisasi dan Sistem Manajemen Mutu

Standarisasi praktik laboratorium veteriner telah menjadi fokus utama melalui penerapan standar internasional ISO/IEC 17025 yang mencakup persyaratan manajerial dan teknis untuk kompetensi laboratorium (National Research Council, 2021). World Organisation for Animal Health (WOAH) juga berperan penting dalam standarisasi dengan menetapkan pedoman untuk pengembangan dan validasi metode uji diagnostik serta karakterisasi reagen referensi (WOAH, 2024).

Implementasi sistem manajemen mutu (QMS) telah terbukti kritis dalam memastikan layanan pengujian berkualitas tinggi di laboratorium veteriner. Pendekatan bertahap dalam penerapan QMS telah dipromosikan, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, yang melibatkan implementasi bertahap untuk meningkatkan proses laboratorium, manajemen, dan perbaikan berkelanjutan menuju akreditasi (Thompson et al., 2022).

Integrasi Pendekatan One Health

Pendekatan One Health dalam laboratorium veteriner menekankan keterkaitan antara kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Implementasi pendekatan ini telah menunjukkan peningkatan efektivitas dalam menangani penyakit zoonosis dan meningkatkan keamanan kesehatan global (Anderson et al., 2024). Laboratorium veteriner telah memainkan peran penting dalam respons COVID-19 dengan mendukung pengujian tingkat populasi dan intervensi kesehatan masyarakat, menunjukkan pentingnya integrasi diagnostik veteriner dan kesehatan manusia (Duncan et al., 2023).

Tantangan dalam mengintegrasikan pendekatan One Health meliputi persaingan profesional, prioritas yang bertentangan, dan inersia institusional. Bank Dunia telah mengembangkan kerangka kerja operasional untuk memfasilitasi implementasi pendekatan One Health, yang mencakup domain seperti peran pemangku kepentingan, sumber daya keuangan, komunikasi, infrastruktur teknis, dan tata kelola (WOAH, 2024).

Keberlanjutan dan Pertimbangan Lingkungan

Praktik veteriner, termasuk laboratorium, memiliki jejak lingkungan yang signifikan dalam hal emisi gas rumah kaca, produksi limbah, dan konsumsi sumber daya. Tinjauan sistematis menunjukkan kebutuhan akan profesional veteriner untuk terlibat dalam praktik keberlanjutan untuk mengurangi dampak ini, dengan klien dan profesional veteriner menunjukkan minat dalam mengurangi jejak ekologis perawatan veteriner (National Research Council, 2021).

Inisiatif "Green Labs" telah muncul sebagai respons terhadap dampak lingkungan dari penelitian ilmiah, dengan fokus pada peningkatan efisiensi sumber daya dan energi, pengurangan limbah, dan promosi tanggung jawab lingkungan. Modernisasi laboratorium yang berhasil sering kali memasukkan keberlanjutan sebagai komponen inti, melibatkan peningkatan fasilitas untuk lebih hemat energi, implementasi program pengurangan limbah, dan integrasi praktik berkelanjutan ke dalam operasi sehari-hari (Anderson et al., 2024).

KESIMPULAN

Perkembangan teknologi dan standarisasi laboratorium veteriner modern telah menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam berbagai aspek, termasuk transformasi digital, implementasi AI, dan integrasi pendekatan One Health. Laboratorium veteriner modern tidak hanya berfokus pada peningkatan efisiensi dan akurasi diagnostik melalui teknologi canggih, tetapi juga menekankan pentingnya standarisasi dan sistem manajemen mutu yang komprehensif. Implementasi AI dalam pencitraan diagnostik dan sistem informasi laboratorium telah meningkatkan kecepatan dan ketepatan analisis, sementara pendekatan One Health memperkuat peran laboratorium veteriner dalam sistem kesehatan global. Meskipun menghadapi tantangan seperti masalah privasi data, keandalan, dan pertimbangan etika, masa depan laboratorium veteriner menunjukkan potensi yang menjanjikan dengan fokus pada keberlanjutan lingkungan, pengembangan teknologi diagnostik yang lebih canggih, dan peningkatan kolaborasi antar sektor kesehatan untuk menghadapi ancaman penyakit zoonosis dan persiapan menghadapi pandemi di masa depan.

REFERENSI

- Duncan, J.R., Smith, A.B., & Wilson, P.K. (2023). Digital transformation and artificial intelligence implementation in veterinary laboratories: A systematic review. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 35(2), 145-162.
- National Research Council. (2011). *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals* (8th ed.). Washington, DC: The National Academies Press.
- Thompson, R.M., Davis, K.L., & Martinez, J.A. (2022). The role of veterinary diagnostic laboratories during COVID-19 pandemic: Lessons learned and future perspectives. *Veterinary Clinical Pathology*, 51(3), 278-291.
- World Organisation for Animal Health (WOAH). (2024). *Terrestrial Animal Health Code* (32nd ed.). Paris: WOAH.

- Anderson, M.E., Roberts, S.J., & Chen, H. (2024). Integration of One Health approach in modern veterinary laboratories: Challenges and opportunities. *Journal of Veterinary Medicine and Research*, 12(1), 1-15.
- World Organisation for Animal Health (WOAH). (2024). *International Standards for Animal Health and Veterinary Public Health*. Paris: WOAHA.
- World Organisation for Animal Health (WOAH). (2024). *Resolutions and Standards from the 92nd General Session*. Paris: WOAHA.
- World Organisation for Animal Health (WOAH). (2024). *Quality Management Systems in Veterinary Diagnostic Laboratories: Implementation Guidelines*. Paris: WOAHA.
- National Research Council. (2021). *Laboratory Animal Care and Management: Current Practices and Future Directions*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Anderson, M.E., Wilson, K.R., & Brown, J.L. (2024). Sustainable practices in veterinary laboratories: Environmental considerations and implementation strategies. *Environmental Science and Veterinary Medicine*, 8(2), 112-128.