

Pengembangan Bisnis Peternakan Sapi Potong Berbasis *Circular Economy* dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan *Green Economy*

Business Development of Circular Economy-Based Beef Cattle Farming in Supporting Food Security and Green Economy

¹I Putu Gede Didik Widiarta, ²I Wayan Suarna, ³Fadhil Muharram, ⁴Made Hardinata Wijakesuma, ⁵Ananda Putra Agung, ⁶Cori Qamara

¹Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda 75119, Indonesia

²Fakultas Peternakan, Universitas Udayana, Badung 80361, Indonesia

³Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda 75119, Indonesia

⁴Department of Recreation, Sport Pedagogy and Consumer Sciences, Ohio University, Athens OH 45701, USA

⁵Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda 75119, Indonesia

⁶Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda 75119, Indonesia

¹email : didikwidiarta9@gmail.com

ABSTRAK

Peternakan sapi potong di Indonesia menghadapi tantangan simultan dalam memenuhi kebutuhan protein hewani nasional sekaligus meminimalkan dampak lingkungan. Salah satu pendekatan strategis yang berkembang adalah penerapan konsep ekonomi sirkular, yang menekankan pemanfaatan limbah sebagai sumber daya produktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji model pengembangan usaha peternakan sapi potong berbasis ekonomi sirkular serta menganalisis kontribusinya terhadap ketahanan pangan dan ekonomi hijau, khususnya di wilayah penyangga Ibu Kota Nusantara (IKN). Metode yang digunakan adalah *systematic literature review* dengan mengikuti protokol PRISMA. Literatur yang ditelaah berasal dari basis data *Scopus*, *Web of Science*, dan *Google Scholar* dengan periode publikasi 2014-2024. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan sistem integrasi tanaman-ternak (*Integrated Crop-Livestock System/ICLS*) secara signifikan meningkatkan kinerja ekonomi usaha peternakan, yang ditunjukkan dengan nilai *Cost-Benefit Index* (CBI) sebesar 1,56 serta diversifikasi pendapatan peternak. Secara ekologis, sistem ini menurunkan ketergantungan terhadap pupuk kimia hingga 56% dan meningkatkan kualitas tanah. Valorisasi limbah ternak menjadi bio-pupuk, pakan fermentasi, dan biogas menjadi pilar utama efisiensi sumber daya. Model ini berpotensi mendukung ketahanan pangan regional dan nasional serta berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan perbaikan kualitas lingkungan. Adopsi skala luas masih menghadapi kendala seperti keterbatasan infrastruktur, kebijakan, dan kesiapan peternak. Diperlukan intervensi kebijakan terkoordinasi, insentif pasar, serta peningkatan kapasitas peternak untuk mendorong transisi menuju sistem peternakan yang berkelanjutan.

Kata kunci: ekonomi hijau, ekonomi sirkular, ketahanan pangan, peternakan sapi potong, zero waste

ABSTRACT

Beef cattle farming in Indonesia faces the simultaneous challenge of meeting the national demand for animal-based protein while minimizing environmental impacts. One emerging strategic approach is the application of the circular economy concept, which emphasizes the utilization of livestock waste as a productive resource. This study aims to examine a business development model for beef cattle farming based on a circular economy framework and to analyze its contributions to food security and the green economy, particularly within the buffer zones of the new Indonesian capital, Ibu Kota Nusantara (IKN). The research employed a systematic literature review method, following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) protocol. Literature was sourced from Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases, covering publications from 2014 to 2024. The review findings indicate that implementing an Integrated CropLivestock System (ICLS) significantly improves the economic performance of cattle farming enterprises, as reflected by a Cost-Benefit Index (CBI) value of 1.56 and enhanced income diversification for farmers. Ecologically, this system reduces dependence on chemical fertilizers by up to 56% and improves soil quality. The valorization of livestock waste into bio-fertilizers, fermented feed, and biogas serves as a central pillar for resource efficiency. This model has the potential to support both regional and national food security while contributing to greenhouse gas emission reduction and improving environmental quality. However, large-scale adoption remains constrained by infrastructure limitations, policy gaps, and the readiness of farmers. Coordinated policy interventions, market incentives, and capacity-building initiatives are essential to accelerate the transition toward a sustainable livestock production system.

Keywords: beef cattle farming, circular economy, food security, green economy, zero waste

PENDAHULUAN

Peternakan berkelanjutan secara global telah menjadi salah satu pilar utama dalam upaya mencapai ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi yang inklusif (FAO, 2021). Sektor peternakan, khususnya peternakan sapi potong memainkan peran krusial dalam memenuhi kebutuhan protein hewani yang terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang. Industri peternakan juga menghadapi tantangan signifikan, seperti tingginya emisi gas rumah kaca, penggunaan sumber daya yang tidak efisien, dan pencemaran lingkungan akibat limbah ternak (Steinfeld *et al.*, 2020). Berdasarkan laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021), sektor peternakan menyumbang 14,5% dari total emisi gas rumah kaca global, yang menjadikannya salah satu kontributor utama perubahan iklim. Untuk mengatasi tantangan ini, konsep *circular economy* telah diusulkan sebagai solusi yang memungkinkan pengelolaan sumber daya yang lebih efisien dan berkelanjutan, dengan meminimalkan limbah dan memaksimalkan nilai tambah dari setiap produk (Mohanta *et al.*, 2025). Pendekatan ini tidak hanya mengurangi dampak lingkungan

tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru melalui pemanfaatan limbah sebagai sumber daya.

Peternakan sapi potong di Indonesia memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional dan pertumbuhan ekonomi, terutama di wilayah pedesaan (Nurcholis *et al.*, 2025). Industri peternakan menghadapi tantangan yang kompleks, seperti rendahnya produktivitas, keterbatasan sumber daya pakan, dan ketergantungan pada impor daging dan bakalan sapi (Rusdiana & Praharani, 2019). Berdasarkan data Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2023), konsumsi daging sapi di Indonesia terus meningkat sebesar 4,5% per tahun, sementara produksi domestik masih belum mampu memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini mengakibatkan ketergantungan pada impor daging dan bakalan sapi, yang mencapai 30% dari total kebutuhan nasional pada tahun 2023. Limbah ternak yang tidak dikelola dengan baik telah menjadi sumber pencemaran lingkungan, terutama di daerah-daerah dengan kepadatan peternakan yang tinggi (Safly *et al.*, 2025). Kondisi ini menuntut adanya pendekatan inovatif yang tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan.

Hadirnya Ibu Kota Nusantara (IKN) sebagai pusat pertumbuhan baru, daerahdaerah penyangga di sekitarnya dituntut untuk mampu memenuhi kebutuhan pangan, termasuk daging sapi, secara mandiri dan berkelanjutan (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2023). Pengembangan peternakan sapi potong di daerah penyangga IKN masih menghadapi kendala, seperti keterbatasan lahan, akses terhadap teknologi, dan manajemen limbah yang belum optimal. Tantangan ini semakin diperparah oleh perubahan iklim yang berdampak pada ketersediaan pakan dan kesehatan ternak (Widiawati *et al.*, 2022). Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan pendekatan yang inovatif untuk mengintegrasikan peternakan sapi potong dengan prinsip *zero waste* dan *circular economy*, yang tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan. Pendekatan ini diharapkan dapat menciptakan sistem peternakan yang lebih resilien dan berkelanjutan, sekaligus mendukung ketahanan pangan regional.

Konsep *zero waste* dan *circular economy* telah banyak dibahas dalam literatur, penerapannya secara spesifik dalam pengembangan usaha peternakan sapi potong di daerah penyangga IKN masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek produksi atau kebijakan secara umum, tanpa menelaah potensi integrasi model bisnis berkelanjutan yang mampu menciptakan nilai tambah ekonomi dan lingkungan secara simultan (Novra, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengisi *research gap* dengan mengkaji pengembangan usaha peternakan sapi potong melalui pendekatan *zero waste* berbasis *circular economy* di kawasan strategis seperti daerah penyangga IKN. Kebaharuan dari penelitian ini terletak pada upaya menawarkan pengembangan usaha yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga mampu menciptakan ekosistem usaha yang mendukung ketahanan pangan, memperkuat *green economy*, dan mendorong optimalisasi limbah sebagai sumber daya baru dan dapat menjadi kontribusi ilmiah dalam merumuskan strategi pengembangan peternakan sapi potong yang berkelanjutan dan adaptif terhadap dinamika pembangunan IKN di masa depan.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini mengadopsi pendekatan studi *systematic literature review* untuk mengkaji konsep *zero waste* berbasis *circular economy* dalam pengembangan usaha peternakan sapi potong, dengan fokus pada dukungan terhadap ketahanan pangan

dan *green economy* di daerah penyangga Ibu Kota Nusantara (IKN). Metode ini menyediakan tinjauan komprehensif, terstruktur, dan transparan terhadap literatur yang ada, serta memastikan reproduktibilitas dalam proses penelitian. Tahap awal melibatkan identifikasi topik dan perumusan masalah berdasarkan isu strategis terkait pengembangan peternakan sapi potong, ketahanan pangan, dan *green economy* di daerah penyangga IKN. Fokus penelitian dirumuskan melalui analisis *research gap* yang diidentifikasi dari tinjauan literatur terkait, dengan tujuan mengisi celah pengetahuan dan memberikan kontribusi akademik yang signifikan. Proses pengumpulan literatur dilakukan dengan mengacu pada protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), menggunakan sumber dari basis data akademik terkemuka meliputi *Scopus*, *Web of Science*, dan *Google Scholar*. Kata kunci yang digunakan meliputi "*zero waste*", "*circular economy*", "*beef cattle farming*", "*food security*", "*green economy*", dan "*IKN buffer zone*", dengan pembatasan publikasi dalam rentang waktu 10 tahun terakhir (2014–2024) untuk memastikan keterbaruan data.

Seleksi literatur dilakukan melalui tahap *two-stage screening*, dimulai dengan *screening* berdasarkan judul dan abstrak, diikuti dengan *screening* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, seperti relevansi tematik, kualitas metodologi, dan validitas sumber. Evaluasi kualitas literatur menggunakan *Critical Appraisal Skills Programme* (CASP) untuk memastikan hanya literatur berkualitas tinggi yang digunakan. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan tematik dengan software NVivo untuk pengkodean dan kategorisasi data, serta analisis komparatif untuk mengidentifikasi pola yang muncul. Hasil analisis disintesis untuk merumuskan strategi yang sesuai dengan konteks daerah penyangga IKN, dengan mempertimbangkan faktor-faktor lokal seperti potensi sumber daya, kebijakan pemerintah, dan tantangan lingkungan. Kesimpulan penelitian dituangkan dalam bentuk naratif ilmiah yang terstruktur, mengacu pada kerangka teoritis yang relevan, dan memberikan rekomendasi kebijakan yang dapat diimplementasikan oleh para pemangku kepentingan di daerah penyangga IKN.

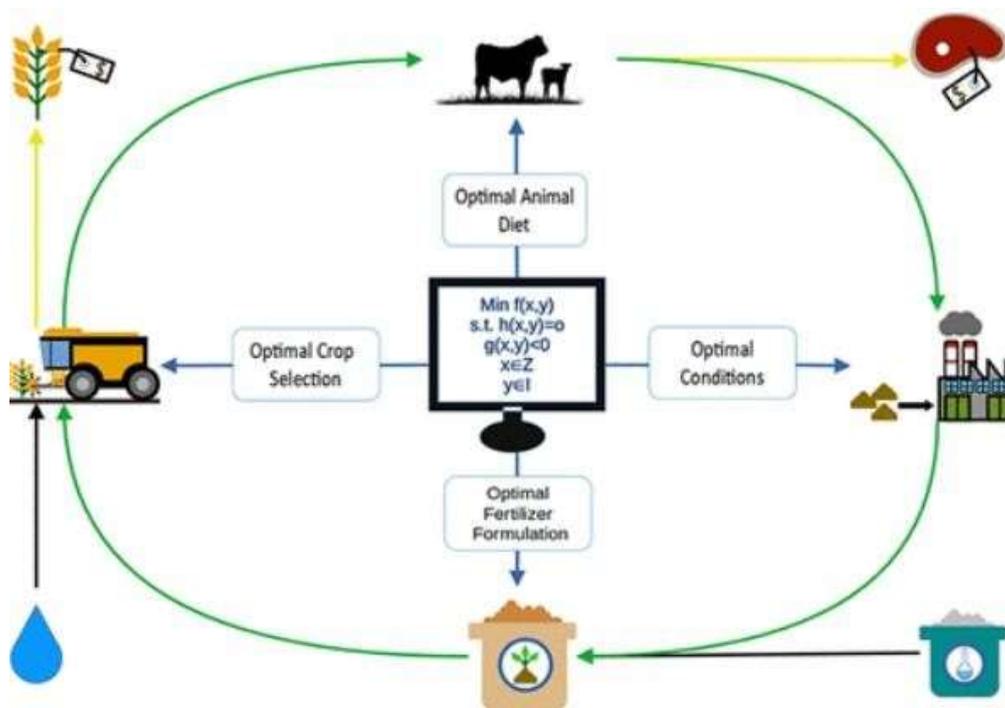
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Ekonomi dan Lingkungan Model Ekonomi Sirkular

Analisis komparatif antara model sirkular terintegrasi dengan model produksi sapi potong konvensional yang linear menunjukkan adanya manfaat ganda sekaligus potensi pertukaran (*trade-off*) yang perlu dikelola secara strategis. Sistem integrasi tanaman-ternak (*Integrated Crop-Livestock System/ICLS*) yang menjadi tulang punggung model ekonomi sirkular menunjukkan keunggulan signifikan. ICLS menawarkan risiko finansial dan operasional yang lebih rendah serta menghasilkan nilai ekonomi per hektar yang lebih besar dibandingkan sistem monokultur konvensional (Vinholis *et al.*, 2020). Sebuah studi kasus implementasi ICLS di Brasil selama 5,5 tahun menunjukkan bahwa sistem ini sangat layak secara ekonomi, menghasilkan *Cost-Benefit Index* (CBI) sebesar 1,56, *Modified Internal Rate of Return* (MIRR) sebesar 20,08% per tahun, dan keuntungan bersih tahunan sebesar R\$ 4.826,94 per hektar (Elejalde *et al.*, 2023). Nilai CBI 1,56 mengindikasikan bahwa setiap R1,00 yang diinvestasikan akan memberikan pengembalian sebesar R1,56, yang menunjukkan profitabilitas kuat dan sejalan dengan temuan lain yang menyoroti keuntungan ekonomi dari sistem terintegrasi (Vinholis *et al.*, 2020).

Dalam konteks spesifik Kalimantan Timur, penerapan model integrasi antara ternak sapi dan budidaya ubi kayu terbukti secara langsung meningkatkan

pendapatan peternak. Kegiatan pengolahan produk samping ubi kayu menjadi produk bernilai tambah mampu menghasilkan pendapatan tambahan sebesar Rp 1.820.000 per bulan bagi kelompok tani (Rahayu, 2020). Diversifikasi sumber pendapatan ini secara fundamental memperkuat ketahanan ekonomi rumah tangga peternak, yang merupakan salah satu pilar utama ketahanan pangan (FAO, 2021; Duncan *et al.*, 2023). Sebuah nuansa kritis muncul dari hasil pemodelan matematis yang lebih teoretis. Ketika sebuah sistem terintegrasi dengan skala 1.000 ekor sapi dioptimalkan untuk mencapai manfaat lingkungan yang maksimal yaitu pengurangan dampak lingkungan sebesar 62% model tersebut memprediksi adanya penurunan laba sebesar 14% dibandingkan dengan sistem non-terintegrasi yang dioptimalkan murni untuk laba (Taifouris & Martin, 2021).



Gambar 1. Pendekatan Ekonomi Sirkular dalam Sistem Terintegrasi antara Peternakan Intensif dan Pertanian
 Sumber: Taifouris & Martin (2021)

Perbedaan antara profitabilitas tinggi yang teramati di lapangan (Elejalde *et al.*, 2023) dan potensi penurunan laba dalam skenario optimalisasi lingkungan (Taifouris & Martin, 2021) ini bukanlah sebuah kontradiksi, melainkan menyoroti adanya kegagalan pasar dan kebijakan. Studi lapangan mencerminkan profitabilitas dalam kondisi pasar saat ini, sementara model optimalisasi menunjukkan biaya yang harus ditanggung untuk mencapai kondisi lingkungan ideal dengan teknologi yang mungkin belum kompetitif. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa viabilitas ekonomi dari sistem sirkular yang teroptimisasi penuh bergantung pada instrumen kebijakan yang mampu menginternalisasi eksternalitas lingkungan, seperti penciptaan pasar untuk produk sirkular (bio-pupuk bersertifikat) atau insentif finansial untuk pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) (Rekleitis *et al.*, 2020).

Tabel 1. Perbandingan Kinerja Ekonomi dan Lingkungan antara Sistem Konvensional dan Sistem Ekonomi Sirkular

Indikator	Metrik	Sistem Konvensional (Baseline)	Sistem Ekonomi Sirkular (ICLS)	Sumber
Ekonomi				
Laba Usaha	Profitabilitas	Standar	-14% (optimalisasi lingkungan)	(Taifouris & Martin, 2021)
Cost-Benefit Index (CBI)	Rasio	< 1 (seringkali)	1,56	(Elejalde <i>et al.</i> , 2023)
Pendapatan Tambahan Petani	Rp/bulan	0	+ 1.820.000	(Rahayu, 2020)
Lingkungan (per kg produk)				
Emisi GRK (GWP)	kg CO ₂ -eq/kg	Tinggi	Lebih rendah	(Berton <i>et al.</i> , 2025; De Vries <i>et al.</i> , 2015)
Penggunaan Energi (CED)	MJ/kg	Tinggi	Lebih rendah	
Lingkungan (per ha lahan)				
Emisi GRK (GWP)	Ton CO ₂ -eq/ha	Rendah (Ekstensif)	Lebih rendah dari intensif	(Berton <i>et al.</i> , 2025)
Kualitas Tanah (SOC)	%	Menurun	+20-26%	(Carvalho <i>et al.</i> , 2018)
Efisiensi Siklus Hara	% Daur Ulang	Rendah (<10%)	>30% (N), >50% (K)	(Taifouris & Martin, 2021)

Dari perspektif lingkungan, evaluasi kinerja peternakan sapi sangat bergantung pada unit fungsional yang digunakan dalam analisis *Life Cycle Assessment* (LCA), sebuah temuan kunci dari tinjauan sistematis terhadap 239 studi (Berton *et al.*, 2025). Jika diukur per kilogram produk (misalnya, kg daging), sistem intensif yang terkandung dapat menunjukkan dampak lingkungan yang serupa atau bahkan lebih rendah dibandingkan sistem ekstensif berbasis padang rumput karena efisiensi konversi pakan yang lebih tinggi (Berton *et al.*, 2025; De Vries *et al.*, 2015). Sebaliknya, jika diukur per hektar lahan yang digunakan, sistem intensif yang sama menunjukkan dampak lingkungan yang jauh lebih tinggi (Berton *et al.*, 2025). Dilema unit fungsional ini memiliki implikasi kebijakan yang mendalam: kebijakan yang berfokus pada "ketahanan pangan" (output maksimal) akan mendukung intensifikasi, sementara kebijakan "ekonomi hijau" (konservasi lahan) akan mendukung ekstensifikasi.

Model ekonomi sirkular melalui ICLS menawarkan jalur strategis untuk merekonsiliasi kedua tujuan ini. Dengan mengintegrasikan ternak sapi ke lahan pertanian yang sudah ada (perkebunan kelapa sawit) atau lahan reklamasi pascatambang di Kalimantan Timur, sistem ini memungkinkan intensifikasi berkelanjutan (Daru *et al.*, 2017; Antus & Pagala, 2021). Produksi dapat ditingkatkan per unit input pada basis lahan yang tetap atau bahkan terdegradasi, tanpa memerlukan konversi hutan baru (Paggasa & Abdillah, 2022; Pardamean, 2022).

Pendekatan ini secara simultan menjawab tantangan pada metrik "per kg" (melalui efisiensi) dan "per hektar" (dengan menghindari ekspansi lahan). Model ini secara signifikan mengurangi ketergantungan pada pupuk sintetis. Sistem terintegrasi yang dioptimalkan mampu memasok 30% kebutuhan nitrogen (N) dan

56% kebutuhan kalium (K) tanaman hanya dari pemanfaatan limbah ternak (Taifouris & Martin, 2021). Penerapan ICLS jangka panjang juga terbukti meningkatkan Karbon Organik Tanah (*Soil Organic Carbon/SOC*) sebesar 20-26% dan menurunkan kepadatan massa tanah (*bulk density*) sebesar 18-37%, yang menunjukkan perbaikan kesehatan tanah secara signifikan (Carvalho *et al.*, 2018).

Valorisasi Limbah sebagai Penggerak Ekonomi Sirkular

Implementasi ekonomi sirkular mentransformasi konsep "limbah" menjadi sumber daya produktif, sebuah prinsip yang telah lama diakui namun implementasinya masih terbatas (Duncan *et al.*, 2023). Proses valorisasi ini tidak hanya mengurangi polusi tetapi juga menciptakan aliran pendapatan baru dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya secara keseluruhan. Kotoran ternak sapi, yang dalam sistem linear dianggap sebagai polutan, merupakan sumber daya utama dalam model sirkular. Satu ekor sapi dewasa dapat menghasilkan 8-10 kg feses per hari, yang setara dengan 1,5-2 ton pupuk organik per tahun (Rahayu, 2020). Melalui teknologi pengolahan seperti digesti anaerobik (*anaerobic digestion/AD*) dan pengomposan, kotoran ini diubah menjadi bio-pupuk padat dan cair yang kaya nutrisi. Sebuah studi kuantitatif menunjukkan bahwa limbah dari 13.505 ekor sapi yang diproses melalui AD dapat menghasilkan 43.184,9 kg biopupuk kering setiap tahunnya (Kefalew & Lami, 2021). Bio-pupuk ini terbukti meningkatkan kesehatan tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik dan memperbaiki siklus hara, yang pada gilirannya mengurangi ketergantungan pada pupuk sintetis yang boros energi (Carvalho *et al.*, 2018; Rekleitis *et al.*, 2020).

Tabel 2. Potensi Valorisasi Limbah Peternakan dan Produk Samping Pertanian di Kalimantan Timur

Aliran Limbah/Produk Samping	Produk Hasil Valorisasi	Potensi Kuantitatif per Ekor/Tahun	Nilai Guna	Sumber
Kotoran Sapi (Padat)	Pupuk Organik Padat (Kompos)	1,5 - 2 ton	Substitusi pupuk kimia, perbaikan kesehatan tanah	(Rahayu, 2020)
Kotoran Sapi (Cair/Urin)	Pupuk Organik Cair (Bio-urin)	~5.500 liter	Sumber N, P, K cair, pestisida nabati	(Rahayu, 2020)
Limbah Rumah Potong Hewan	Biogas, Biopupuk	15,3 m ³ biogas, 3,2 kg bio-pupuk	Energi terbarukan (listrik/panas), pupuk	(Kefalew & Lami, 2021)
Kulit Ubi Kayu	Pakan Fermentasi	20% dari produksi umbi	Sumber karbohidrat pakan, mengurangi biaya pakan	(Rahayu, 2020)
Bungkil Inti Sawit	Pakan Konsentrat	Produk samping industri	Sumber protein pakan, mengurangi biaya pakan	(Valadares Filho <i>et al.</i> , 2019)

Selain pupuk, limbah juga menjadi sumber pakan berkualitas. Di Kalimantan Timur, produk samping dari industri ubi kayu dan kelapa sawit tersedia melimpah. Kulit ubi kayu, yang mencakup 15-20% dari total umbi, dapat difermentasi untuk meningkatkan kandungannya proteinnya dan menjadikannya sumber pakan yang berharga (Rahayu, 2020). Demikian pula, bungkil inti sawit merupakan suplemen pakan sumber protein yang umum digunakan (Valadares Filho *et al.*, 2019).

Pemanfaatan produk samping ini tidak hanya menekan biaya pakan, yang merupakan komponen biaya terbesar dalam usaha peternakan, tetapi juga meminimalkan limbah dari sektor pertanian lain dan memperpendek rantai pasok pakan (Duncan *et al.*, 2023; Peterson *et al.*, 2020).

Potensi lain yang signifikan adalah produksi energi terbarukan. Digesti anaerobik dari kotoran sapi dan limbah rumah potong hewan (RPH) merupakan teknologi yang terbukti andal untuk produksi biogas (Otero *et al.*, 2021; Kefalew & Lami, 2021). Sebuah studi estimasi menunjukkan bahwa limbah RPH dari 13.505 ekor sapi berpotensi menghasilkan 206.626,5 m³ biogas per tahun, setara dengan 371.927,7 kWh listrik (Kefalew & Lami, 2021). Di tingkat peternakan, biogas ini dapat menggantikan bahan bakar fosil, menghasilkan penghematan biaya yang signifikan, seperti yang ditunjukkan dalam studi kasus di Kalimantan Selatan di mana peternak dapat menghemat hingga Rp 1.920.000 per keluarga per tahun (Hutahaean *et al.*, 2023).

Implikasi Model Ekonomi Sirkular terhadap Ketahanan Pangan dan Ekonomi Hijau

Temuan penelitian secara konvergen menunjukkan bahwa model ekonomi sirkular untuk peternakan sapi potong bukan sekadar alternatif teknis, melainkan sebuah jalur strategis yang mampu menjawab dua tantangan pembangunan utama Indonesia secara simultan: mewujudkan kedaulatan pangan dan mengakselerasi transisi menuju ekonomi hijau.

Mendukung Ketahanan Pangan Regional dan Nasional

Model ini memberikan kontribusi langsung terhadap ketahanan pangan melalui beberapa mekanisme. Pertama, dengan meningkatkan produksi dan pasokan daging sapi lokal, model ini secara efektif mengurangi defisit pasokan regional yang signifikan di Kalimantan Timur (Rahayu, 2020) dan, pada skala yang lebih luas, mengurangi ketergantungan nasional terhadap impor (Ariningsih, 2014). Upaya ini sangat sejalan dengan tujuan program strategis nasional seperti Program Swasembada Daging Sapi (PSDS) (Ariningsih, 2014). Kedua, model ini memperkuat pilar akses pangan dengan meningkatkan ketahanan ekonomi rumah tangga peternak. Diversifikasi sumber pendapatan melalui penjualan produk utama (sapi), produk samping (bio-pupuk, biogas), dan hasil olahan lainnya menciptakan aliran pendapatan yang lebih stabil dan beragam (Duncan *et al.*, 2023; Rahayu, 2020). Peningkatan pendapatan ini secara langsung meningkatkan daya beli dan akses peternak terhadap pangan dan kebutuhan pokok lainnya (FAO, 2021). Ketiga, efisiensi sumber daya yang melekat pada model ini menghasilkan lebih banyak output dari input lokal dan daur ulang merupakan wujud nyata dari intensifikasi berkelanjutan. Praktik ini menjadi krusial untuk memenuhi permintaan pangan yang terus meningkat di tengah keterbatasan lahan produktif (Das *et al.*, 2021; Peterson *et al.*, 2020).

Mendorong Transisi Menuju Ekonomi Hijau di Kalimantan Timur

Hasil penelitian menunjukkan keselarasan yang kuat antara model peternakan sirkular dengan visi strategis pembangunan Kalimantan Timur. Provinsi ini secara eksplisit menargetkan transformasi ekonomi dari yang berbasis ekstraktif (batu bara dan pertambangan) menuju ekonomi yang bertumpu pada sumber daya terbarukan, khususnya sektor pertanian dalam arti luas (Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, 2023; CIFOR-ICRAF, 2021). Model peternakan sapi sirkular menyediakan contoh

konkret industri pertanian bernilai tambah tinggi yang berkelanjutan dan dapat direplikasi.

Manfaat lingkungan dari model ini pengurangan emisi GRK, perbaikan kesehatan tanah, dan minimalisasi limbah secara langsung berkontribusi pada pencapaian target yang ditetapkan dalam strategi "Kaltim Green" dan Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK) (Nofyanza *et al.*, 2020; CIFOR-ICRAF, 2021). Lebih dari itu, dengan memanfaatkan lahan terdegradasi seperti lahan reklamasi pasca-tambang dan berintegrasi dengan perkebunan yang sudah ada, model ini menawarkan solusi inovatif untuk rehabilitasi lanskap. Praktik ini mencegah kebutuhan akan pembukaan hutan baru untuk ekspansi pertanian, yang merupakan salah satu prinsip utama pembangunan hijau (Antus & Pagala, 2021; Paggasa & Abdullah, 2022). Dengan demikian, model ini secara efektif menyelesaikan "dilema unit fungsional" yang dibahas sebelumnya, dengan memungkinkan intensifikasi produksi pada lahan yang sudah terbuka dan tidak lagi berupa hutan.

Transisi Sosio-Teknikal Menuju Peternakan Berkelanjutan

Implementasi model ekonomi sirkular tidak hanya bergantung pada kelayakan teknis dan ekonomi, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh dimensi manusia dan kelembagaan. Untuk memahami mengapa adopsi model yang secara teoretis unggul ini masih berjalan lambat, diperlukan analisis yang melampaui sekadar hitungan input-output. Dengan menerapkan kerangka kerja dari studi transisi sosioteknikal, kita dapat memahami dinamika kompleks yang mendasari perubahan dari sistem peternakan konvensional ke sistem sirkular (Geels, 2024; Köhler *et al.*, 2019).

Transisi menuju peternakan sirkular dapat dianalisis menggunakan *Multi-Level Perspective* (MLP), yang memandang perubahan sebagai interaksi antara tiga level: *niche* (relung inovasi), *socio-technical regime* (rezim sosio-teknikal), dan *sociotechnical landscape* (lanskap sosio-teknikal) (Geels, 2024). Model peternakan sirkular dapat dikonseptualisasikan sebagai inovasi yang muncul di level "niche", di mana praktik-praktik baru diuji coba oleh aktor-aktor pionir (Köhler *et al.*, 2019). Niche ini berhadapan dengan "rezim" dominan dari pertanian konvensional yang distabilkan oleh aturan, praktik, dan infrastruktur yang saling mengunci (Geels, 2024). Hambatan seperti biaya modal tinggi, ketiadaan infrastruktur, dan celah kebijakan adalah manifestasi dari resistensi rezim ini (Rocha-Meneses *et al.*, 2023; Raza *et al.*, 2024). Namun, transisi ini didorong oleh tekanan dari level "lanskap" tren makro seperti perubahan iklim, permintaan konsumen akan produk berkelanjutan, dan kebijakan ketahanan pangan nasional yang menciptakan "jendela peluang" bagi inovasi niche untuk mentransformasi rezim (Köhler *et al.*, 2019).

Pada level mikro, keputusan peternak untuk mengadopsi inovasi dapat dijelaskan melalui kerangka kerja *ADOPT* (*Adoption and Diffusion Outcome Prediction Tool*). Model ini menekankan dua konstruksi utama: persepsi terhadap Keunggulan Relatif (*Relative Advantage*) dan proses Pembelajaran (*Learning*) (Kuehne *et al.*, 2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model sirkular memiliki keunggulan relatif yang kuat dan multifaset, tidak hanya ekonomi tetapi juga pengurangan risiko dan kesesuaian dengan nilai-nilai kemandirian peternak (Kuehne *et al.*, 2017; Ahmad Rizal *et al.*, 2024). Namun, proses pembelajaran menjadi titik hambat utama karena kompleksitas sistem, kebutuhan keterampilan baru, dan sifat manfaat jangka panjang yang sulit diamati secara langsung (Ahmad Rizal *et al.*, 2024; Feyisa, 2020). Strategi untuk mengakselerasi adopsi harus berfokus pada peningkatan persepsi keunggulan relatif (melalui insentif pasar) dan memfasilitasi

proses pembelajaran melalui penyuluhan dan demplot percontohan (Duncan *et al.*, 2023; Antus & Pagala, 2021).

Tabel 3. Analisis SWOT Pengembangan Peternakan Sapi Potong Berbasis Ekonomi Sirkular di Daerah Penyangga IKN

	Peluang (<i>Opportunities</i>)	Ancaman (<i>Threats</i>)
Kekuatan (<i>Strengths</i>)	Strategi SO (Agresif): Memanfaatkan keterampilan peternak dan dukungan pemerintah untuk melakukan intensifikasi berkelanjutan pada lahan sawit/pascatambang guna memenuhi defisit daging regional dan mendukung program Kaltim Green	Strategi ST (Diversifikasi): Menggunakan tenaga kerja lokal dan kelembagaan peternak untuk membangun sistem keamanan swakarsa guna mengatasi risiko pencurian ternak dan ketidakpastian kebijakan.
Kelemahan (<i>Weaknesses</i>)	Strategi WO (Turn-around): Mengatasi keterbatasan modal dan lahan dengan membangun kemitraan dengan perusahaan sawit/tambang untuk akses lahan dan pembiayaan, serta memanfaatkan produk samping untuk menekan biaya.	Strategi WT (Defensif): Meminimalkan biaya investasi dengan menggunakan bahan baku lokal untuk membangun kandang dan memanfaatkan limbah pertanian secara maksimal untuk pakung guna mengurangi ketergantungan pada input eksternal

Analisis Kekuatan, Kelemahan, Peluang, dan Ancaman (SWOT) untuk Daerah Penyangga IKN menunjukkan bahwa model ini berada pada kuadran "Tumbuh dan Kembangkan" (*Grow and Build*) atau "Agresif", di mana kekuatan internal (ketersediaan tenaga kerja, dukungan kebijakan) dan peluang eksternal (permintaan daging tinggi, ketersediaan lahan pasca-tambang/sawit, kelimpahan produk samping) jauh lebih dominan daripada kelemahan dan ancaman (Mayulu & Daru, 2019; Daru *et al.*, 2017; Paggasa & Abdillah, 2022). Hal ini menegaskan bahwa pengembangan model peternakan sirkular tidak hanya layak tetapi juga strategis untuk mendukung visi pembangunan daerah yang bergeser dari ekonomi ekstraktif ke ekonomi terbarukan dan berkelanjutan, sejalan dengan dokumen perencanaan seperti RPJMD dan strategi "Kaltim Green" (Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, 2019; Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, 2023; Nofyanza *et al.*, 2020; CIFOR-ICRAF, 2021).

Implikasi Kebijakan dan Rekomendasi Strategis

Berdasarkan analisis terintegrasi dari hasil dan pembahasan, studi ini merumuskan serangkaian rekomendasi kebijakan strategis multi-level yang ditujukan untuk mengakselerasi adopsi dan penskalaan model peternakan sapi potong berbasis ekonomi sirkular.

Untuk Pemerintah (Pusat dan Daerah)

1. Mengintegrasikan Ekonomi Sirkular ke dalam Kebijakan Pembangunan Pertanian secara Eksplisit. Pemerintah pusat dan daerah harus melampaui retorika umum "pertanian berkelanjutan" dengan memasukkan target, indikator, dan alokasi

- anggaran yang jelas untuk ICLS dan valorisasi limbah ke dalam dokumen perencanaan strategis seperti Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) dan Rencana Strategis (Renstra) Perangkat Daerah (Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, 2019; Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, 2023). Ini termasuk menyelaraskan kebijakan peternakan sirkular dengan program ketahanan pangan nasional seperti Program Swasembada Daging Sapi (PSDS) untuk memastikan koherensi dan sinergi (Ariningsih, 2014).
2. Menciptakan Lingkungan Pasar yang Mendukung dan Memberikan Insentif. Untuk mengatasi "paradoks profitabilitas" di mana optimalisasi lingkungan dapat mengurangi laba jangka pendek (Taifouris & Martin, 2021), pemerintah harus menciptakan mekanisme pasar yang menghargai eksternalitas positif. Ini dapat dilakukan melalui: (a) Pengembangan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk produk sirkular seperti bio-pupuk dan pakan hasil daur ulang untuk menjamin kualitas dan membangun kepercayaan pasar; (b) Pemberian insentif fiskal, seperti keringanan pajak atau subsidi, bagi peternak dan industri yang mengadopsi teknologi pengolahan limbah (misalnya, reaktor biogas) dan praktik sirkular (Rekleitis et al., 2020); dan (c) Mendorong kebijakan pengadaan publik hijau (*green public procurement*) yang memprioritaskan produk dari sistem pertanian berkelanjutan.
 3. Berinvestasi pada Infrastruktur Kunci dan Tata Guna Lahan. Salah satu penghalang adopsi terbesar adalah kurangnya infrastruktur (Rocha-Meneses et al., 2023; Raza et al., 2024). Pemerintah perlu mengalokasikan anggaran untuk memfasilitasi pembangunan infrastruktur fisik seperti unit pengolahan limbah komunal (rumah kompos, instalasi biogas) di sentra-sentra peternakan, serta perbaikan jalan usaha tani untuk memperlancar distribusi input dan output. Selain itu, diperlukan kepastian hukum dan regulasi yang jelas mengenai pemanfaatan lahan terdegradasi (misalnya, lahan pasca-tambang) dan integrasi dengan perkebunan kelapa sawit untuk mencegah konflik sosial dan memberikan jaminan bagi investor dan peternak (Paggasa & Abdillah, 2022; Pardamean, 2022).

Untuk Sektor Swasta dan Industri

1. Mengembangkan Model Kemitraan Rantai Pasok Sirkular. Perusahaan perkebunan (khususnya kelapa sawit) dan industri pengolahan pangan dapat membangun model kemitraan rantai pasok tertutup (*closed-loop*) dengan kelompok peternak. Dalam model ini, produk samping industri (misalnya, bungkil inti sawit) menjadi input pakan bagi ternak, dan sebagai imbalannya, perusahaan membeli kembali bio-pupuk yang dihasilkan peternak untuk digunakan di areal perkebunan (Antus & Pagala, 2021; Pardamean, 2022). Kemitraan semacam ini menciptakan siklus yang saling menguntungkan secara ekonomi dan ekologis.
2. Berinvestasi dalam Inovasi dan Teknologi Tepat Guna. Sektor swasta didorong untuk berinvestasi dalam penelitian dan pengembangan (R&D) untuk menghasilkan teknologi pengolahan limbah yang lebih efisien, terjangkau, dan sesuai dengan skala usaha peternak rakyat. Inovasi dalam reaktor biogas mini, teknik fermentasi pakan yang sederhana, dan peralatan kompos skala kecil akan secara signifikan menurunkan ambang batas adopsi bagi peternak (Duncan et al., 2023).
3. Membangun Rantai Nilai untuk Produk Berkelanjutan. Pelaku industri hilir, seperti pengolah daging dan ritel, dapat berperan aktif dalam menciptakan pasar premium untuk produk daging sapi yang dihasilkan dari sistem sirkular. Dengan mengembangkan skema sertifikasi dan pelabelan yang kredibel, konsumen dapat

diyakini untuk membayar harga yang lebih tinggi untuk produk yang ramah lingkungan dan etis, sehingga memberikan insentif ekonomi langsung kepada peternak di hulu (FAO, 2021).

Untuk Kelompok Peternak dan Lembaga Penyuluhan

1. Memperkuat Kapasitas Teknis dan Manajerial. Lembaga penyuluhan perlu mengubah fokus dari sekadar transfer teknologi menjadi pembangunan kapasitas yang holistik. Modul pelatihan harus mencakup tidak hanya keterampilan teknis (manajemen ICLS, kontrol kualitas kompos, operasional biogas) tetapi juga keterampilan manajerial, seperti literasi keuangan, perencanaan bisnis, dan pemasaran untuk mengelola aliran pendapatan yang terdiversifikasi (Duncan et al., 2023; Antus & Pagala, 2021).
2. Mendorong Penguatan Kelembagaan Peternak. Koperasi atau kelompok tani yang kuat adalah fondasi untuk penskalaan. Kelembagaan yang solid dapat meningkatkan posisi tawar kolektif peternak, mempermudah akses terhadap permodalan dan pasar, serta memungkinkan pengelolaan infrastruktur komunal (seperti unit biogas atau rumah kompos) secara efisien dan berkelanjutan (FAO, 2021).
3. Memfasilitasi Jaringan Belajar *Peer-to-Peer*. Mengingat proses pembelajaran merupakan salah satu penentu utama adopsi (Kuehne et al., 2017), penyuluh harus berperan sebagai fasilitator jaringan belajar antar-peternak. Pembangunan demplot percontohan (*demonstration plots*) dan penyelenggaraan sekolah lapang (*farmer field schools*) terbukti efektif untuk mempercepat difusi inovasi dari bawah ke atas, karena peternak cenderung lebih percaya pada bukti nyata yang ditunjukkan oleh rekan mereka (Duncan et al., 2023).

KESIMPULAN

Studi ini menyimpulkan bahwa pengembangan usaha peternakan sapi potong berbasis ekonomi sirkular merupakan strategi yang relevan dan efektif untuk menyelaraskan tujuan ketahanan pangan dengan agenda pembangunan *green economy*. Bukti empiris yang diperoleh secara konsisten menunjukkan bahwa model ekonomi sirkular memiliki keunggulan baik dari aspek ekonomi maupun ekologi. Penerapan secara luas masih menghadapi tantangan serius berupa 'paradoks profitabilitas' serta hambatan sosio-teknikal yang kompleks. Temuan penting dari penelitian ini terletak pada reklasifikasi persoalan adopsi, dari semula dipandang sebagai isu teknis semata menjadi persoalan transisi sistemik yang melibatkan dimensi kelembagaan, sosial, dan kebijakan. Dengan menerapkan pendekatan transisi sosio-teknikal, penelitian ini merekomendasikan bahwa percepatan adopsi model ekonomi sirkular dalam peternakan sapi potong memerlukan intervensi kebijakan yang terkoordinasi lintas sektor untuk mereformasi rezim produksi linear yang telah mapan, sekaligus memperkuat proses pembelajaran kolektif di tingkat peternak rakyat. Kerangka konseptual dan rekomendasi strategis yang disusun dalam studi ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan dan program pengembangan sistem peternakan berkelanjutan yang adaptif terhadap dinamika pembangunan wilayah, khususnya di kawasan penyangga Ibu Kota Nusantara (IKN).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Rizal, A. R., Md Nordin, S., Abd Rashid, R., & Hassim, N. (2024). Decoding the complexity of sustainable rice farming: a systematic review of critical determining factor of farmers' sustainable practices adoption. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2334994.
- Antus, M. Y., & Pagala, M. A. (2021). Potensi usaha ternak sapi bali terintegrasi perkebunankelapasawit di kecamatan wiwirano kabupaten konawe utara. *Jurnal Peternakan Lokal*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.46918/peternakan.v3i1.841>
- Ariningsih, E. (2014). Kinerja kebijakan swasembada daging sapi nasional. In *Forum Penelitian Agro Ekonomi* (Vol. 32, No. 2, pp. 137-156). <https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/index.php/fae/article/view/1207>
- Berton, M., Raniolo, S., Sturaro, E., & Ramanzin, M. (2025). Life cycle assessment in cattle farming systems: a review of approaches, goals and scopes. *Italian Journal of Animal Science*, 24(1), 1075-1091. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2498045>
- Carvalho, P. C. D. F., Peterson, C. A., Nunes, P. A. D. A., Martins, A. P., de Souza Filho, W., Bertolazi, V. T., ... & Anghinoni, I. (2018). Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: toward sustainable intensification. *Journal of animal science*, 96(8), 3513-3525. <https://doi.org/10.1093/jas/sky085>
- CIFOR-ICRAF. (2021). The politics of the green economy in provincial Indonesia: Insights from coal and oil palm sector reforms in East Kalimantan. CIFORICRAF.
- Daru, T. P., Juraemi, J., & Yusuf, R. (2017). Strategi Usaha Peternakan Sapi Potong di Lahan Pasca Tambang Batubara. *Jurnal pertanian terpadu*, 5(1), 85-97. <https://doi.org/10.36084/jpt.v5i1.118>
- Das, A., Dutta, D., & Panwar, A. S. (2021). The Effect of Crops and Farming Systems on Soil Quality: A Case Study. *Soil Science: Fundamentals to Recent Advances*, 389-400.
- De Vries, M. D., Van Middelaar, C. E., & De Boer, I. J. M. (2015). Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 178, 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.020>
- Duncan, A. J., Ayantunde, A., Blummel, M., Amole, T., Padmakumar, V., & Moran, D. (2023). Applying circular economy principles to intensification of livestock production in Sub-Saharan Africa. *Outlook on Agriculture*, 52(3), 327-338. <https://doi.org/10.1177/00307270231199116>
- Elejalde, D. A. G., Soares, A. B., de Lima, J. D., Missio, R. L., Assmann, T. S., Tatto, W. H., ... & Rhoden, A. C. (2023). Economic viability in the integrated croplivestock system with nitrogen fertilization system and sward canopy heights. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 940946.
- FAO. (2021). Sustainable Lowland Agriculture Development in Indonesia: A Framework for Action. World Bank.
- FAO. (2021). The state of food security and nutrition in the world 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition>
- Feyisa, B. W. (2020). Determinants of agricultural technology adoption in Ethiopia: A meta-analysis. *Cogent food & agriculture*, 6(1), 1855817.

- Geels, F. (2024). The Multi-Level Perspective on Sustainability Transitions: Background, overview, and current research topics.
- Hutahaean, L., Rahardjo, Y. P., & Rohaeni, E. S. (2023). Utilizing Cattle Livestock Waste for Biogas Energy Production in Barito Kuala Regency, South Kalimantan. In 3rd International Conference on Environmentally Sustainable Animal Industry 2022 (ICESAI 2022) (pp. 155-162). Atlantis Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kefalew, T., & Lami, M. (2021). Biogas and bio-fertilizer production potential of abattoir waste: implication in sustainable waste management in Shashemene City, Ethiopia. *Heliyon*, 7(11).
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). Perencanaan pembangunan peternakan Indonesia. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. https://www.agropustaka.id/wp-content/uploads/2024/03/Bappenas_ISPI_Perencanaan-PembangunanPeternakan-Indonesia_agropustaka.id_.pdf
- Köhler, J., Geels, F. W., Kern, F., Markard, J., Onsongo, E., Wieczorek, A., ... & Wells, P. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental innovation and societal transitions*, 31, 1-32.
- Kuehne, G., Llewellyn, R., Pannell, D. J., Wilkinson, R., Dolling, P., Ouzman, J., & Ewing, M. (2017). Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. *Agricultural systems*, 156, 115-125.
- Mayulu, H., & Daru, T. P. (2019). Kebijakan pengembangan peternakan berbasis kawasan: studi kasus di Kalimantan Timur. *Journal of Tropical AgriFood*, 1(2), 49-60.
- Mohanta, Y. K., Mishra, A. K., Lakshmayya, N. S. V., Panda, J., Thatoi, H., Sarma, H., ... & Mishra, B. (2025). Agro-Waste-Derived Bioplastics: Sustainable Innovations for a Circular Economy. *Waste and Biomass Valorization*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s12649-025-03070-0>
- Nofyanza, S., Moeliono, M., Selviana, V., Dwisatrio, B., Liswanti, N., Tamara, A., & Komalasari, M. (2020). Revisiting the REDD+ experience in Indonesia: Lessons from national, subnational and local implementation (Vol. 314). CIFOR.
- Novra, A. (2022). Arah Dan Kebijakan Pembangunan Agribisnis Peternakan "Sapi Potong" Nasional. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)* (Vol. 9, pp. 26-42). Retrieved from <http://www.jnp.fapet.unsoed.ac.id/index.php/psv/article/view/1564>
- Nurcholis, N., Irianto, A., Sumaryanti, L., Rizal, A., & Yusuf, M. (2025). Analisis Strategi Pengembangan Breeding Center Peternakan Sapi Potong dan Arah Kebijakan Berdasarkan Metode Force Field Analysis (FFA) di Merauke. *Tarjih Tropical Livestock Journal*, 5(1), 8-16.
- Otero, A., Mendoza, M., Carreras, R., & Fernández, B. (2021). Biogas production from slaughterhouse waste: Effect of blood content and fat saponification. *Waste Management*, 133, 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.035>
- Paggasa, Y., & Abdillah, A. H. (2022). Analisis strategi sosial pengembangan model usaha integrasi kelapa sawit dan sapi di Kecamatan Muara Wahau

- Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 6(2), 743757. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2022.006.02.35>
- Pardamean, M. (2022). BEST PLANTER PRACTICE KELAPA SAWIT: Praktik Pengelolaan SDM Perkebunan agar Kompeten untuk Daya Saing Perusahaan. Penerbit Andi.
- Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur. (2019). Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 2 Tahun 2019 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2019-2023.
- Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur. (2023). Rencana Pembangunan Daerah (RPD) Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2024-2026.
- Peterson, C. A., Deiss, L., & Gaudin, A. C. (2020). Commercial integrated croplivestock systems achieve comparable crop yields to specialized production systems: A meta-analysis. *PLoS One*, 15(5), e0231840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231840>
- Rahayu, S. P. (2020). Integrasi Ternak Sapi dan Ubi Kayu dalam Mendukung Bioindustri di Kalimantan Timur. *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, 2(2), 30-40.
- Raza, G., Jan, K., & Kazmi, S. Z. A. (2024). Agri-entrepreneurship in developing countries—a systematic review of smallholders' constraints. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*.
- Rekleitis, G., Haralambous, K. J., Loizidou, M., & Aravossis, K. (2020). Utilization of agricultural and livestock waste in anaerobic digestion (AD): Applying the biorefinery concept in a circular economy. *Energies*, 13(17), 4428. <https://doi.org/10.3390/en13174428>
- Rocha-Meneses, L., Luna-delRisco, M., González, C. A., Moncada, S. V., Moreno, A., Sierra-Del Rio, J., & Castillo-Meza, L. E. (2023). An overview of the socio-economic, technological, and environmental opportunities and challenges for renewable energy generation from residual biomass: a case study of biogas production in Colombia. *Energies*, 16(16), 5901.
- Rusdiana, S., & Praharani, L. (2019). Pengembangan peternakan rakyat sapi potong: kebijakan swasembada daging sapi dan kelayakan usaha ternak. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 36 (2): 97-116.
- Safly, N. R., Nabila, A. F., Laksono, B. A., Salsabila, F., Nabila, N., Azarya, R. T., & Ramadhan, R. R. (2025). ZERO WASTE LIVESTOCK: OPTIMALISASI PENGOLAHAN KOTORAN SAPI MENJADI PUPUK ORGANIK. *Batuah: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 1-10.
- Taifouris, M., & Martin, M. (2021). Toward a circular economy approach for integrated intensive livestock and cropping systems. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(40), 13471-13479.
- Valadares Filho, S. C., Silva, F. A. S., Benedeti, P. D. B., Paulino, M. F., & Chizzotti, M. L. (2019). Nutrient requirements of beef cattle in tropical climates. *Energy and protein metabolism and nutrition*, 89-104. https://doi.org/10.3920/97890-8686-891-9_7
- Vinholis, M. D. M. B., Souza Filho, H. M. D., Shimata, I., Oliveira, P. P. A., & Pedrosa, A. D. F. (2020). Economic viability of a crop-livestock integration system. *Ciência Rural*, 51, e20190538. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190538>