

Pertanian Bioindustri Berbasis Zero Waste melalui Pemanfaatan Biogas untuk meningkatkan Nilai Tambah Agribisnis dan Keberlanjutan

Zero-Waste-Based Bioindustrial Agriculture through Biogas Utilization to Enhance Agribusiness Value Added

Roosganda Elizabeth

Badan Riset dan Inovasi Nasional. Jakarta. Indonesia

Email: rosimanru@yahoo.com

(Diterima 06-07-2026; Disetujui 30-07-2026)

ABSTRAK

Pengembangan pertanian bioindustri menjadi salah satu strategi penting dalam mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan yang mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan kelestarian lingkungan. Pendekatan pertanian bioindustri berbasis zero waste menekankan pemanfaatan seluruh sumber daya dan limbah pertanian secara optimal sehingga menghasilkan nilai tambah ekonomi, sosial, dan lingkungan. Artikel ini bertujuan menganalisis peran pemanfaatan biogas dalam sistem pertanian bioindustri berbasis *zero waste* serta kontribusinya terhadap peningkatan nilai tambah dan keberlanjutan agribisnis. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang didukung analisis kuantitatif terhadap data ekonomi dan kelayakan usaha pemanfaatan biogas, diperkaya dengan studi literatur, laporan institusi, dan publikasi ilmiah yang relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan sistem integrasi tanaman dan ternak berbasis zero waste dalam sistem bioindustri menciptakan ekonomi sirkular yang mendukung efisiensi penggunaan sumber daya, peningkatan nilai tambah, serta keberlanjutan agribisnis, yang mampu mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan menjadi produk bernilai ekonomi seperti pupuk organik, kompos, pakan ternak, serta biogas, yang mampu meningkatkan pendapatan, penghematan biaya energi, dan pemanfaatan produk samping berupa *slurry* sebagai pupuk organik, juga mendukung pengurangan pencemaran lingkungan, penghematan energi, serta penguatan ekonomi perdesaan. Analisis kelayakan finansial dengan nilai *Benefit Cost Ratio* lebih besar dari satu dan nilai *Internal Rate of Return* yang lebih tinggi dibanding tingkat suku bunga yang digunakan dalam analisis, menunjukkan usaha biogas layak dikembangkan, juga membuka peluang pengembangan UMKM agribisnis melalui produksi pupuk organik, kompos, pupuk organik cair, dan usaha energi perdesaan. Keberhasilan implementasi pertanian bioindustri memerlukan dukungan inovasi teknologi, peningkatan kapasitas SDM pertanian, penguatan kelembagaan petani, serta kebijakan yang mendorong pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan. Oleh karena itu, pertanian bioindustri berbasis zero waste berpotensi menjadi strategi penting dalam mendukung transformasi agribisnis yang berdaya saing, berkelanjutan, dan ramah lingkungan, dan perlu didorong sebagai strategi pembangunan pertanian yang mampu meningkatkan kesejahteraan petani sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

Kata kunci: pertanian bioindustri, zero waste, biogas, nilai tambah, UMKM agribisnis, agribisnis berkelanjutan

ABSTRACT

Zero-waste-based bioindustrial agriculture is an agricultural development approach that integrates crop and livestock subsectors through the optimal utilization of agricultural waste to generate economic, social, and environmental benefits. This study aims to analyze the role of biogas utilization within a zero-waste bioindustrial agriculture system and its contribution to value-added creation and agribusiness sustainability. The study employed a qualitative descriptive approach supported by quantitative analysis of economic and financial feasibility data related to biogas utilization. Data were collected from previous studies, scientific literature, and other relevant sources. The results indicate that the conversion of livestock waste into biogas provides economic benefits through additional income generation, energy cost savings, and the utilization of biogas slurry as organic fertilizer. Financial feasibility analysis demonstrates that biogas enterprises are economically viable, as indicated by a Benefit-Cost Ratio (B/C Ratio) greater than one and an Internal Rate of Return (IRR) exceeding the prevailing interest rate used in the analysis. Beyond direct economic benefits, the bioindustrial system also creates opportunities for agribusiness MSME development through the production of organic fertilizers, compost, liquid organic fertilizers, and rural energy enterprises. Crop-livestock integration within the bioindustrial framework promotes a circular economy that enhances resource-use efficiency, value-added creation, and agribusiness sustainability. Therefore, the development of zero-waste-based bioindustrial agriculture should be promoted as a strategic approach to improving farmers' welfare while supporting environmental sustainability.

Keywords: *bioindustrial agriculture; zero waste; biogas; value added; agribusiness MSMEs; sustainable agribusiness*

PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan, penyediaan lapangan kerja, pengurangan kemiskinan, serta pembangunan ekonomi nasional. Namun demikian, sistem pertanian konvensional masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain menurunnya kualitas lingkungan, tingginya ketergantungan terhadap input eksternal, rendahnya efisiensi pemanfaatan sumber daya, serta meningkatnya volume limbah pertanian dan peternakan yang belum dikelola secara optimal. Kondisi tersebut mendorong perlunya transformasi sistem pertanian menuju model pembangunan yang lebih berkelanjutan, efisien, dan ramah lingkungan.

Salah satu pendekatan yang berkembang dalam pembangunan pertanian berkelanjutan adalah pertanian bioindustri. Konsep pertanian bioindustri menempatkan biomassa sebagai sumber daya utama yang dapat dimanfaatkan secara optimal melalui penerapan prinsip ekonomi sirkular, efisiensi sumber daya, dan pengurangan limbah. Dalam sistem ini, hasil samping dan limbah dari suatu aktivitas produksi tidak dipandang sebagai produk buangan, melainkan sebagai bahan baku yang dapat dimanfaatkan kembali untuk mendukung proses produksi lainnya. Konsep pertanian bioindustri dikembangkan sebagai pendekatan pembangunan pertanian yang menekankan integrasi antarsubsektor pertanian melalui pemanfaatan sumber daya secara efisien dan berkelanjutan (Kementerian Pertanian, 2013; Manurung, 2013; Prastowo, 2014). Dengan demikian, sistem pertanian bioindustri mampu menciptakan hubungan yang saling mendukung antar subsektor pertanian sehingga menghasilkan nilai tambah ekonomi sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

Penerapan konsep zero waste dalam pertanian bioindustri menjadi salah satu strategi yang semakin relevan dalam menghadapi berbagai tantangan pembangunan pertanian modern. Prinsip zero waste menekankan pengurangan limbah melalui pemanfaatan kembali seluruh hasil samping proses produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam. Pendekatan *zero waste* dalam sektor pertanian bertujuan meminimalkan limbah melalui pemanfaatan kembali residu produksi sebagai input bagi proses produksi berikutnya sehingga tercipta sistem ekonomi sirkular yang lebih efisien (Hambali, 2014; Haryono, 2014). Dalam konteks pertanian, limbah tanaman dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan baku kompos, maupun sumber energi terbarukan. Sebaliknya, limbah peternakan dapat diolah menjadi pupuk organik dan biogas yang mendukung produktivitas usaha tani sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan.

Salah satu bentuk implementasi pertanian bioindustri yang banyak dikembangkan di Indonesia adalah sistem integrasi tanaman dan ternak. Sistem ini memungkinkan terjadinya siklus pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien karena produk samping dari subsektor tanaman dapat digunakan untuk mendukung usaha peternakan, sedangkan limbah peternakan dimanfaatkan kembali untuk meningkatkan kesuburan lahan pertanian. Melalui integrasi tersebut, petani tidak hanya memperoleh manfaat ekonomi dari diversifikasi usaha, tetapi juga memperoleh manfaat lingkungan melalui pengurangan limbah dan peningkatan kualitas sumber daya alam.

Selain memberikan manfaat ekologis, pengembangan pertanian bioindustri berbasis zero waste juga memiliki kontribusi penting terhadap peningkatan nilai tambah agribisnis. Pengolahan limbah menjadi pupuk organik, kompos, pakan fermentasi, dan biogas membuka peluang pengembangan usaha baru yang dapat meningkatkan pendapatan rumah tangga petani serta menciptakan lapangan kerja di wilayah perdesaan. Dalam jangka panjang, model ini mampu memperkuat ketahanan ekonomi petani sekaligus mendukung pembangunan agribisnis yang lebih berkelanjutan.

Meskipun memiliki berbagai potensi, implementasi pertanian bioindustri di Indonesia masih menghadapi sejumlah kendala, seperti keterbatasan teknologi, rendahnya kapasitas sumber daya manusia, lemahnya akses permodalan, serta belum optimalnya dukungan kelembagaan dan kebijakan. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih komprehensif mengenai peran pertanian bioindustri berbasis zero waste dalam meningkatkan nilai tambah dan keberlanjutan agribisnis.

Research Gap tercermin dari berbagai penelitian mengenai pertanian bioindustri yang telah banyak dilakukan, terutama yang berkaitan dengan integrasi tanaman dan ternak, pemanfaatan limbah pertanian, serta pengembangan energi biogas. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek teknis produksi, pengelolaan limbah, atau kelayakan finansial secara parsial. Berbagai penelitian sebelumnya lebih banyak menyoroti aspek teknis pengolahan limbah dan produksi biogas (Junaedi, 2012; Indrawati, 2015), sedangkan kajian yang mengintegrasikan nilai tambah ekonomi, pengembangan UMKM agribisnis, dan keberlanjutan agribisnis masih relatif terbatas. Kajian yang mengintegrasikan konsep pertanian bioindustri berbasis *zero waste* dengan penciptaan nilai tambah

agribisnis, pengembangan UMKM berbasis produk bioindustri, dan keberlanjutan ekonomi perdesaan masih relatif terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang menghubungkan pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan dengan peluang pengembangan usaha agribisnis berbasis ekonomi sirkular yang mampu meningkatkan kesejahteraan petani secara berkelanjutan.

Kebaruan (novelty) artikel ini terletak pada pengintegrasian konsep pertanian bioindustri berbasis *zero waste*, analisis nilai tambah ekonomi biogas, serta peluang pengembangan UMKM agribisnis dalam satu kerangka ekonomi sirkular yang mendukung keberlanjutan agribisnis perdesaan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada aspek teknis produksi atau kelayakan energi biogas, artikel ini menempatkan bioindustri sebagai instrumen peningkatan nilai tambah, diversifikasi usaha, dan penguatan ekonomi lokal.

Berdasarkan latar belakang dan kesenjangan penelitian tersebut, artikel ini bertujuan untuk menganalisis peran pertanian bioindustri berbasis *zero waste* dalam meningkatkan nilai tambah dan keberlanjutan agribisnis. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis konsep dan implementasi pertanian bioindustri berbasis *zero waste*; (2) mengidentifikasi potensi pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan sebagai sumber nilai tambah ekonomi; (3) menganalisis kelayakan ekonomi pemanfaatan biogas sebagai produk bioindustri; dan (4) mengkaji peluang pengembangan UMKM agribisnis berbasis produk bioindustri dalam mendukung pembangunan ekonomi perdesaan yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang didukung oleh analisis kuantitatif untuk mengevaluasi potensi pengembangan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* dalam meningkatkan nilai tambah dan keberlanjutan agribisnis. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menganalisis konsep, implementasi, manfaat, serta prospek pengembangan sistem integrasi tanaman dan ternak berbasis bioindustri. Sementara itu, pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur kelayakan ekonomi dan nilai tambah yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah peternakan menjadi biogas sebagai salah satu produk bioindustri.

Data yang digunakan terdiri atas data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian terdahulu, laporan teknis, publikasi ilmiah, dokumen kebijakan, dan berbagai referensi yang relevan dengan pengembangan pertanian bioindustri, pengelolaan limbah pertanian dan peternakan, serta energi terbarukan berbasis biogas. Selain itu, digunakan pula data hasil pengolahan penelitian sebelumnya terkait investasi, biaya operasional, produksi biogas, pendapatan, dan nilai tambah ekonomi yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah ternak.

Analisis kuantitatif dilakukan menggunakan indikator kelayakan finansial yang meliputi Net Present Worth (NPW), Net Present Cost (NPC), Net Present Revenue (NPR), Benefit Cost Ratio (B/C Ratio), Internal Rate of Return (IRR), dan Payback Period (PP). Analisis tersebut digunakan untuk menilai tingkat keuntungan dan kelayakan pengembangan usaha biogas sebagai bagian dari sistem pertanian bioindustri berbasis *zero waste*. Selanjutnya, hasil analisis kuantitatif diinterpretasikan secara deskriptif untuk menjelaskan kontribusinya terhadap peningkatan nilai tambah, efisiensi penggunaan sumber daya, penghematan biaya energi, dan keberlanjutan agribisnis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

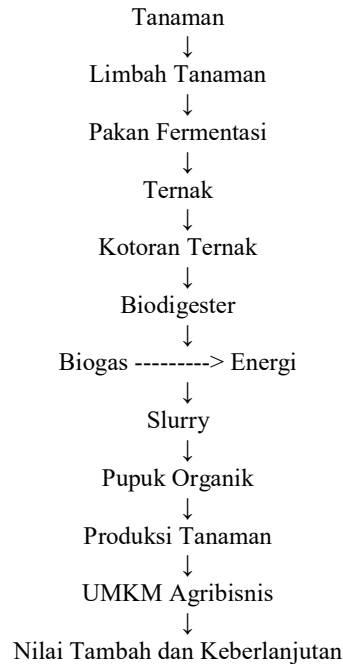
1. Konsep Pertanian Bioindustri Berbasis Zero Waste

Pertanian bioindustri merupakan pendekatan pembangunan pertanian yang menempatkan biomassa sebagai sumber daya utama yang dapat dimanfaatkan secara optimal untuk menghasilkan berbagai produk bernilai ekonomi, sosial, dan lingkungan. Konsep ini berkembang sebagai respons terhadap berbagai tantangan pembangunan pertanian modern, seperti keterbatasan sumber daya alam, meningkatnya pencemaran lingkungan, serta kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing sektor pertanian. Dalam sistem pertanian bioindustri, seluruh komponen produksi dirancang untuk saling terhubung sehingga menghasilkan siklus pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Salah satu prinsip utama dalam pertanian bioindustri adalah penerapan konsep *zero waste* atau tanpa limbah. Konsep ini menekankan bahwa seluruh hasil samping dan limbah dari proses produksi pertanian harus dimanfaatkan kembali sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap

lingkungan. Limbah tanaman, limbah peternakan, dan hasil samping kegiatan pertanian lainnya diperlakukan sebagai sumber daya yang memiliki nilai ekonomi dan dapat dimanfaatkan kembali dalam sistem produksi.

Penerapan prinsip zero waste dalam pertanian bioindustri sangat erat kaitannya dengan konsep ekonomi sirkular (*circular economy*), yaitu suatu sistem yang mengutamakan penggunaan kembali sumber daya melalui proses daur ulang, pemanfaatan ulang, dan pengolahan limbah menjadi produk baru yang bernilai tambah. Melalui pendekatan ini, limbah tidak lagi dipandang sebagai beban produksi, melainkan sebagai sumber bahan baku yang dapat mendukung aktivitas ekonomi dan meningkatkan efisiensi usaha pertanian.



Gambar 1. Model Pertanian Bioindustri Berbasis Zero Waste

Sumber: Dikembangkan dari Elizabeth (2021) dan berbagai literatur

Gambar 1 menunjukkan bahwa sistem pertanian bioindustri berbasis *zero waste* menerapkan prinsip ekonomi sirkular melalui pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan sebagai input bagi proses produksi berikutnya. Integrasi antara subsektor tanaman dan ternak menghasilkan berbagai produk bioindustri seperti biogas dan pupuk organik yang tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga menciptakan peluang pengembangan UMKM agribisnis, meningkatkan nilai tambah ekonomi, dan mendukung keberlanjutan agribisnis perdesaan. Model bioindustri berbasis *zero waste* menempatkan limbah sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali sehingga mampu meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mengurangi tekanan terhadap lingkungan (SIPP, 2013; Sutisna, 2015).

Dalam praktiknya, pertanian bioindustri berbasis zero waste banyak diwujudkan melalui sistem integrasi tanaman dan ternak. Jerami padi, limbah jagung, dedak, dan berbagai residu tanaman dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan kotoran ternak dapat diolah menjadi pupuk organik, kompos, pupuk cair organik, maupun biogas. Siklus tersebut menciptakan hubungan yang saling menguntungkan antara subsektor tanaman dan peternakan sehingga penggunaan input eksternal dapat dikurangi secara signifikan.

Selain meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya, konsep pertanian bioindustri juga berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas dan nilai tambah agribisnis. Pengolahan limbah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi memungkinkan petani memperoleh sumber pendapatan tambahan di luar usaha utama yang dijalankan. Dengan demikian, sistem pertanian bioindustri tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga mendorong diversifikasi usaha, penguatan ekonomi perdesaan, dan keberlanjutan lingkungan.

Dalam konteks pembangunan pertanian Indonesia, penerapan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* memiliki prospek yang sangat besar karena didukung oleh ketersediaan sumber daya biomassa yang melimpah. Potensi limbah tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan peternakan yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal dapat menjadi sumber bahan baku bagi pengembangan pupuk organik, energi terbarukan, pakan ternak, dan berbagai produk bioindustri lainnya. Oleh karena itu, pengembangan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* menjadi salah satu strategi yang relevan dalam mewujudkan sistem agribisnis yang efisien, berdaya saing, dan berkelanjutan.

2. Integrasi Tanaman-Ternak dalam Sistem Agribisnis Berbasis Zero Waste

Sistem integrasi tanaman dan ternak merupakan salah satu bentuk implementasi pertanian bioindustri yang paling sesuai untuk diterapkan di Indonesia. Sistem ini menghubungkan berbagai aktivitas pertanian dan peternakan dalam satu siklus produksi yang saling mendukung sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi limbah yang dihasilkan. Melalui pendekatan tersebut, hasil samping dari satu kegiatan produksi dapat dimanfaatkan sebagai input bagi kegiatan produksi lainnya sehingga tercipta sistem usaha tani yang lebih produktif dan berkelanjutan. Integrasi tanaman dan ternak telah lama dikenal sebagai salah satu model pertanian berkelanjutan yang mampu meningkatkan produktivitas lahan, mengurangi biaya produksi, dan memperkuat ketahanan usaha tani (Suharto, 2010; Adijaya & Yasa, 2013).

Pada sistem integrasi tanaman dan ternak, limbah tanaman seperti jerami padi, tongkol jagung, dedaunan, dan residu tanaman lainnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau bahan baku pembuatan pakan fermentasi. Sebaliknya, limbah peternakan berupa kotoran ternak dan urin dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik, pupuk cair organik, kompos, maupun biogas. Hubungan timbal balik tersebut mampu menekan ketergantungan petani terhadap input eksternal sekaligus meningkatkan efisiensi biaya produksi.

Selain memberikan manfaat ekonomi, sistem integrasi tanaman dan ternak juga berperan dalam menjaga keberlanjutan lingkungan. Pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan secara optimal dapat mengurangi pencemaran tanah, air, dan udara yang selama ini menjadi salah satu permasalahan utama dalam pembangunan pertanian. Oleh karena itu, integrasi tanaman dan ternak menjadi salah satu model pengembangan agribisnis yang mampu mengakomodasi tujuan ekonomi dan ekologis secara bersamaan.

Dalam konteks pembangunan perdesaan, sistem integrasi tanaman dan ternak juga berkontribusi terhadap peningkatan diversifikasi usaha dan ketahanan ekonomi rumah tangga petani. Petani tidak hanya memperoleh pendapatan dari hasil tanaman, tetapi juga memperoleh tambahan pendapatan dari usaha peternakan serta pengolahan limbah menjadi produk bernilai ekonomi. Dengan demikian, risiko usaha dapat dikurangi melalui sumber pendapatan yang lebih beragam.

3. Kontribusi Pertanian Bioindustri terhadap Nilai Tambah Agribisnis

Salah satu tujuan utama pengembangan pertanian bioindustri adalah meningkatkan nilai tambah produk pertanian melalui pemanfaatan sumber daya secara lebih efisien. Nilai tambah tersebut diperoleh dari proses pengolahan hasil samping dan limbah pertanian menjadi produk baru yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi dibandingkan sebelum diolah. Dalam sistem pertanian konvensional, sebagian besar limbah pertanian sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal sehingga berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi maupun lingkungan.

Melalui penerapan prinsip *zero waste*, berbagai jenis limbah dapat diubah menjadi produk yang memiliki nilai jual dan manfaat ekonomi. Kotoran ternak dapat diolah menjadi pupuk organik dan biogas, sedangkan limbah tanaman dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak maupun bahan baku kompos. Pengolahan tersebut menghasilkan nilai tambah karena produk yang sebelumnya tidak memiliki nilai ekonomi dapat menjadi komoditas yang memberikan pendapatan tambahan bagi petani.

Nilai tambah yang dihasilkan tidak hanya berupa peningkatan pendapatan langsung, tetapi juga penghematan biaya produksi. Penggunaan pupuk organik hasil pengolahan limbah mampu mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk kimia, sedangkan pemanfaatan biogas dapat menekan pengeluaran rumah tangga untuk kebutuhan energi. Dengan demikian, pertanian bioindustri berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi usaha tani sekaligus memperkuat daya saing agribisnis.

Di sisi lain, pengembangan produk bioindustri membuka peluang terciptanya kegiatan ekonomi baru di perdesaan. Produksi pupuk organik, kompos, pakan ternak fermentasi, dan energi biogas dapat

berkembang menjadi usaha ekonomi produktif yang melibatkan masyarakat sekitar. Kondisi tersebut berpotensi memperluas kesempatan kerja dan memperkuat struktur ekonomi perdesaan secara berkelanjutan.

4. Nilai Tambah Ekonomi dan Kelayakan Finansial Sistem Bioindustri Berbasis Biogas

Penerapan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* tidak hanya memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan limbah dan pencemaran, tetapi juga menciptakan nilai tambah ekonomi melalui peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, penghematan biaya energi, pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai ekonomi, serta diversifikasi sumber pendapatan petani. Dalam perspektif agribisnis, nilai tambah tersebut tidak hanya diukur dari keuntungan finansial langsung, tetapi juga dari manfaat ekonomi tidak langsung yang diperoleh melalui pengurangan biaya produksi dan peningkatan produktivitas usaha tani. Dalam sistem bioindustri, limbah peternakan yang sebelumnya tidak memiliki nilai ekonomi diolah menjadi berbagai produk yang memberikan manfaat finansial, seperti biogas, pupuk organik, kompos, dan pupuk organik cair. Oleh karena itu, konsep nilai tambah dalam pertanian bioindustri tidak hanya diukur dari keuntungan langsung yang diperoleh, tetapi juga dari penghematan biaya produksi, substitusi energi, dan peluang pengembangan usaha baru yang tercipta dari pemanfaatan limbah.

Salah satu bentuk pemanfaatan limbah ternak yang memiliki prospek ekonomi tinggi adalah pengolahan kotoran ternak menjadi biogas. Biogas merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang memiliki manfaat ekonomi dan lingkungan karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus memanfaatkan limbah peternakan secara produktif (Birkmose, 2002; Nielsen & Hjort, 2004). Selain berfungsi sebagai sumber energi alternatif, biogas juga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi ketergantungan petani terhadap bahan bakar fosil. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengembangan reaktor biogas memerlukan investasi sebesar Rp18.800.000 dengan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp2.975.000 per tahun. Produksi biogas yang dihasilkan mencapai sekitar 2.555 m³ per tahun dengan pendapatan sebesar Rp9.250.800 per tahun dan keuntungan sebesar Rp5.000.330 per tahun. Sementara itu, penggunaan generator listrik berbasis biogas menghasilkan pendapatan sebesar Rp9.535.600 per tahun dengan keuntungan mencapai Rp5.065.600 per tahun.

Tabel 1. Pendapatan dan Nilai Tambah Pemanfaatan Biogas

Uraian	Generator Listrik	Reaktor Biogas
Pendapatan (Rp/tahun)	9.535.600	9.250.800
Keuntungan/Nilai Tambah (Rp/tahun)	5.065.600	5.000.330
Biaya Operasional (Rp/tahun)	2.375.000	2.975.000

Sumber: Elizabeth (2021), diolah kembali

Meskipun keuntungan finansial langsung yang diperoleh masih berada pada skala usaha rumah tangga, hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah ternak melalui teknologi biogas mampu menciptakan sumber pendapatan tambahan yang sebelumnya tidak tersedia. Kondisi ini memperlihatkan bahwa limbah peternakan yang semula tidak memiliki nilai ekonomi dapat diubah menjadi sumber energi dan sumber pendapatan baru yang mendukung keberlanjutan usaha tani.

Nilai tambah yang dihasilkan dari pemanfaatan biogas tidak hanya berasal dari keuntungan usaha secara langsung, tetapi juga dari penghematan biaya energi rumah tangga. Penggunaan biogas mampu menggantikan konsumsi LPG 12 kg dengan penghematan biaya sekitar Rp7.000–Rp10.000 per hari. Dengan asumsi penggunaan sepanjang tahun, penghematan yang diperoleh mencapai sekitar Rp2.555.000–Rp3.650.000 per tahun. Jika dibandingkan dengan penggunaan minyak tanah sebanyak 1–2 liter per hari, penghematan biaya dapat mencapai sekitar Rp4.197.500–Rp4.927.500 per tahun. Penghematan tersebut memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan pendapatan riil rumah tangga petani.

Selain menghasilkan keuntungan langsung, penggunaan biogas memberikan manfaat ekonomi melalui pengurangan ketergantungan terhadap energi berbasis bahan bakar fosil. Penghematan biaya energi rumah tangga yang berlangsung secara berkelanjutan berkontribusi terhadap peningkatan pendapatan riil petani. Dalam jangka panjang, efisiensi tersebut dapat meningkatkan ketahanan ekonomi rumah tangga, terutama pada saat terjadi kenaikan harga energi konvensional maupun gangguan pasokan bahan bakar di wilayah perdesaan.

Selain menghasilkan energi, proses produksi biogas juga menghasilkan residu berupa *slurry* yang masih mengandung unsur hara penting bagi tanaman. Pemanfaatan *slurry* sebagai pupuk organik memberikan manfaat ganda karena dapat mengurangi biaya pembelian pupuk anorganik sekaligus meningkatkan kualitas kesuburan tanah. Dengan demikian, satu jenis limbah peternakan mampu menghasilkan beberapa produk bernilai ekonomi yang saling mendukung dalam sistem pertanian bioindustri berbasis ekonomi sirkular. Produk samping ini memiliki nilai ekonomi karena dapat digunakan sendiri oleh petani untuk mengurangi pembelian pupuk kimia atau dipasarkan sebagai produk komersial. Dengan demikian, satu jenis limbah peternakan dapat menghasilkan beberapa produk bernilai ekonomi sekaligus, yaitu energi biogas dan pupuk organik. Kondisi ini mencerminkan prinsip ekonomi sirkular yang menjadi dasar pengembangan pertanian bioindustri berbasis *zero waste*.

Tabel 2. Komponen Nilai Tambah Sistem Bioindustri Berbasis Biogas

Komponen Nilai Tambah	Manfaat Ekonomi
Keuntungan usaha biogas	Rp5.000.330/tahun
Keuntungan generator listrik	Rp5.065.600/tahun
Penghematan penggunaan LPG	Rp2.555.000–Rp3.650.000/tahun
Penghematan penggunaan minyak tanah	Rp4.197.500–Rp4.927.500/tahun
Pemanfaatan <i>slurry</i> menjadi pupuk organik	Mengurangi biaya pupuk dan menambah pendapatan
Pengembangan UMKM bioindustri	Peluang usaha dan lapangan kerja baru

Sumber: Elizabeth (2021), diolah kembali

Dari perspektif agribisnis, nilai tambah yang dihasilkan tidak hanya berupa peningkatan keuntungan finansial, tetapi juga terciptanya peluang diversifikasi usaha melalui pengembangan pupuk organik, pupuk cair organik, kompos, dan berbagai produk turunan lainnya. Produk-produk tersebut berpotensi dikembangkan sebagai usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) berbasis bioindustri yang mampu memperkuat ekonomi perdesaan. Dengan demikian, sistem bioindustri berbasis biogas tidak hanya menghasilkan manfaat ekonomi pada tingkat usaha tani, tetapi juga menciptakan efek berganda (*multiplier effect*) terhadap kegiatan ekonomi lokal.

Kelayakan finansial pengembangan biogas juga menunjukkan prospek yang positif. Hasil analisis memperlihatkan bahwa nilai Benefit Cost Ratio (B/C Ratio) lebih besar dari satu pada kedua alternatif pengembangan biogas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa setiap biaya yang dikeluarkan mampu menghasilkan manfaat ekonomi yang lebih besar. Selain itu, nilai Internal Rate of Return (IRR) yang berada di atas tingkat suku bunga yang digunakan dalam analisis mengindikasikan bahwa investasi biogas layak dikembangkan dan memiliki prospek ekonomi yang baik sebagai bagian dari sistem agribisnis berkelanjutan. baik pada penggunaan generator listrik maupun reaktor biogas. Selain itu, nilai Internal Rate of Return (IRR) yang diperoleh masing-masing sebesar 41,93% dan 21,67% berada jauh di atas tingkat suku bunga yang digunakan dalam analisis (9%), yang menunjukkan bahwa investasi biogas layak dan menguntungkan untuk dikembangkan. Nilai IRR yang lebih tinggi dibandingkan tingkat suku bunga menunjukkan bahwa investasi biogas memiliki prospek ekonomi yang layak dan berpotensi dikembangkan pada tingkat rumah tangga maupun kelompok usaha tani (BBPT, 2013; Kementerian Keuangan, 2014).

Tabel 3. Kelayakan Finansial Pengembangan Biogas

Indikator	Generator Listrik	Reaktor Biogas
NPW (Rp)	15.985.345	21.789.355
NPC (Rp)	20.585.775	21.175.385
NPR (Rp)	28.868.645	42.073.320
B/C Ratio	1,98	1,41
Payback Period (tahun)	1,84	3,76
IRR (%)	41,93	21,67

Sumber: Elizabeth (2021), diolah kembali

Hasil analisis menunjukkan bahwa pertanian bioindustri berbasis *zero waste* melalui pemanfaatan biogas mampu menciptakan nilai tambah ekonomi. Secara keseluruhan, nilai tambah yang dihasilkan dari sistem bioindustri berbasis biogas tidak hanya tercermin dari keuntungan usaha yang diperoleh,

tetapi juga dari penghematan biaya energi, pemanfaatan produk samping, pengurangan biaya input pertanian, serta peluang pengembangan usaha baru berbasis sumber daya lokal. Dengan demikian, pendekatan *zero waste* mampu menciptakan efisiensi ekonomi sekaligus memperkuat keberlanjutan agribisnis melalui pemanfaatan sumber daya secara lebih optimal. Temuan ini menunjukkan bahwa pertanian bioindustri memiliki potensi besar untuk mendukung transformasi ekonomi perdesaan menuju sistem agribisnis yang lebih produktif, berdaya saing, dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan sistem bioindustri tidak hanya berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan, tetapi juga menjadi strategi penting dalam meningkatkan daya saing dan keberlanjutan agribisnis perdesaan di Indonesia.

5. Pengembangan UMKM Agribisnis Berbasis Produk Bioindustri

Pengembangan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* tidak hanya berorientasi pada peningkatan efisiensi usaha tani dan pelestarian lingkungan, tetapi juga memiliki potensi besar dalam mendorong tumbuhnya UMKM agribisnis di wilayah perdesaan. Melalui pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan secara optimal, berbagai produk bernilai ekonomi dapat dihasilkan dan dikembangkan menjadi usaha produktif yang mampu menciptakan lapangan kerja, meningkatkan pendapatan masyarakat, dan memperkuat ekonomi lokal.

Dalam sistem pertanian bioindustri, limbah peternakan yang sebelumnya dianggap sebagai sumber pencemaran dapat diolah menjadi berbagai produk komersial seperti pupuk organik padat, pupuk organik cair, kompos, biogas, serta pakan ternak fermentasi. Produk-produk tersebut memiliki peluang pasar yang semakin berkembang seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pertanian berkelanjutan dan penggunaan input pertanian yang ramah lingkungan. Pengembangan produk turunan bioindustri seperti pupuk organik, kompos, dan energi alternatif dapat menjadi sumber pertumbuhan UMKM perdesaan yang mampu menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan masyarakat lokal (Elizabeth, 2018; Elizabeth, 2018a). Oleh karena itu, pengolahan limbah menjadi produk bioindustri dapat menjadi salah satu alternatif usaha yang layak dikembangkan oleh kelompok tani, koperasi, maupun pelaku UMKM di perdesaan.

Pemanfaatan *slurry* biogas sebagai bahan baku pupuk organik merupakan salah satu contoh penerapan ekonomi sirkular yang mampu menghasilkan nilai tambah. Selain digunakan untuk kebutuhan sendiri, pupuk organik yang dihasilkan dapat dipasarkan kepada petani lain maupun pelaku usaha pertanian. Aktivitas tersebut membuka peluang terbentuknya UMKM berbasis pupuk organik yang memanfaatkan sumber daya lokal secara berkelanjutan. Dengan biaya bahan baku yang relatif rendah, usaha ini berpotensi memberikan margin keuntungan yang menarik sekaligus mendukung pengurangan penggunaan pupuk kimia.

Di sisi lain, pemanfaatan jerami padi dan limbah pertanian lainnya sebagai bahan baku pakan ternak fermentasi juga memberikan peluang pengembangan usaha baru. Produk pakan fermentasi memiliki nilai ekonomi lebih tinggi dibandingkan limbah pertanian yang tidak diolah, serta dapat membantu peternak mengatasi keterbatasan pakan terutama pada musim kemarau. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem bioindustri mampu menciptakan keterkaitan usaha antara subsektor tanaman pangan dan peternakan dalam satu rantai nilai agribisnis yang saling mendukung.

Selain menghasilkan produk fisik, pengembangan biogas juga berpotensi mendukung kegiatan usaha produktif lainnya. Ketersediaan energi alternatif yang lebih murah dapat dimanfaatkan untuk mendukung usaha pengolahan hasil pertanian, usaha kuliner, industri rumah tangga, dan berbagai aktivitas ekonomi perdesaan lainnya. Dengan demikian, manfaat biogas tidak hanya terbatas pada penghematan energi rumah tangga, tetapi juga mampu menciptakan efek berganda (*multiplier effect*) terhadap pengembangan ekonomi lokal.

Tabel 4. Peluang Pengembangan UMKM Agribisnis Berbasis Bioindustri

Sumber Daya	Produk Bioindustri	Peluang UMKM
Kotoran ternak	Pupuk organik padat	UMKM pupuk organik
Kotoran ternak	Pupuk organik cair	UMKM pupuk cair
Kotoran ternak	Biogas	Usaha energi perdesaan
Slurry biogas	Kompos	UMKM kompos
Jerami padi	Pakan fermentasi	UMKM pakan ternak
Limbah pertanian	Kompos organik	UMKM pengolahan limbah

Sumber: Disusun dari berbagai literatur dan hasil analisis (2026)

Pengembangan UMKM berbasis bioindustri memberikan manfaat yang lebih luas dibandingkan sekadar peningkatan pendapatan individu petani. Aktivitas tersebut mampu menciptakan lapangan kerja baru, memperluas peluang usaha masyarakat, meningkatkan perputaran ekonomi lokal, serta memperkuat ketahanan ekonomi perdesaan. Oleh karena itu, pengembangan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* perlu diarahkan tidak hanya sebagai strategi pengelolaan limbah, tetapi juga sebagai instrumen pembangunan ekonomi yang mendukung keberlanjutan agribisnis dan kesejahteraan masyarakat.

6. Strategi Pengembangan Pertanian Bioindustri Berkelanjutan

Pengembangan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* memerlukan pendekatan yang terintegrasi agar manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan dapat dicapai secara optimal. Keberhasilan implementasi sistem bioindustri tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan teknologi, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas sumber daya manusia, dukungan kelembagaan, akses pembiayaan, serta kebijakan pemerintah yang kondusif. Keberhasilan pengembangan pertanian bioindustri sangat dipengaruhi oleh dukungan kebijakan, penguatan kelembagaan petani, akses pembiayaan, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia pertanian (Badan Litbang Pertanian, 2014; Biro Perencanaan Kementan, 2014).

Tabel 5. Model Pengembangan Pertanian Bioindustri Berbasis Zero Waste

Input	Proses Bioindustri	Output	Manfaat
Jerami padi	Fermentasi	Pakan ternak	Efisiensi biaya pakan
Kotoran ternak	Biodigester	Biogas	Energi alternatif
Kotoran ternak	Pengomposan	Pupuk organik	Nilai tambah ekonomi
Limbah tanaman	Pengomposan	Kompos	Kesuburan tanah
Biomassa pertanian	Pengolahan bioindustri	Produk UMKM agribisnis	Pendapatan dan lapangan kerja

Sumber: Disusun dari berbagai literatur dan hasil analisis (2026)

Strategi pertama adalah peningkatan kapasitas petani melalui pendidikan, pelatihan, dan pendampingan teknologi. Penguasaan teknologi pengolahan limbah menjadi pupuk organik, pakan fermentasi, maupun biogas menjadi faktor penting dalam meningkatkan efektivitas penerapan sistem bioindustri. Kompetensi petani yang lebih baik akan mempercepat adopsi inovasi dan meningkatkan keberhasilan usaha.

Strategi kedua adalah penguatan kelembagaan petani dan kelompok usaha bersama. Kelembagaan yang kuat dapat meningkatkan akses petani terhadap modal, teknologi, informasi pasar, dan jaringan pemasaran. Selain itu, kelembagaan yang baik juga mempermudah pengelolaan usaha bioindustri secara kolektif sehingga meningkatkan efisiensi dan daya saing usaha.

Strategi ketiga adalah pengembangan kemitraan antara petani, pelaku UMKM, perguruan tinggi, lembaga penelitian, dan sektor swasta. Kolaborasi antar pemangku kepentingan diperlukan untuk mempercepat transfer teknologi, pengembangan produk, serta perluasan akses pasar bagi produk-produk bioindustri. Kemitraan tersebut juga dapat memperkuat rantai nilai agribisnis dari hulu hingga hilir.

Strategi berikutnya adalah pemberian dukungan kebijakan yang mendorong pengembangan ekonomi sirkular di sektor pertanian. Dukungan tersebut dapat berupa insentif investasi, bantuan sarana dan prasarana, akses pembiayaan, sertifikasi produk organik, serta fasilitasi pemasaran produk bioindustri. Kebijakan yang mendukung akan mempercepat transformasi pertanian konvensional menuju sistem pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Selain itu, pemanfaatan teknologi digital perlu ditingkatkan untuk memperluas akses pasar dan meningkatkan daya saing produk bioindustri. Digitalisasi pemasaran memungkinkan pelaku UMKM agribisnis menjangkau konsumen yang lebih luas, meningkatkan efisiensi transaksi, serta memperkuat promosi produk berbasis sumber daya lokal.

Dengan dukungan teknologi, kelembagaan, kebijakan, dan sumber daya manusia yang memadai, pertanian bioindustri berbasis *zero waste* berpotensi menjadi model pembangunan agribisnis yang mampu meningkatkan nilai tambah, memperkuat UMKM perdesaan, mengurangi limbah pertanian, dan mendukung keberlanjutan pembangunan pertanian di Indonesia.

Tabel 6. Sintesis Temuan Penelitian

Aspek	Temuan Utama	Kontribusi
<i>Zero Waste</i>	Pemanfaatan limbah ternak	Mengurangi pencemaran
Biogas	Energi alternatif	Efisiensi biaya energi
Slurry	Pupuk organik	Nilai tambah ekonomi
UMKM	Produk bioindustri	Pendapatan dan lapangan kerja
Agribisnis	Integrasi tanaman-ternak	Keberlanjutan usaha

Sumber: Hasil analisis penulis (2026)

KESIMPULAN

Pertanian bioindustri berbasis *zero waste* merupakan salah satu pendekatan strategis dalam mendukung pembangunan agribisnis yang berkelanjutan melalui pemanfaatan sumber daya secara efisien dan terintegrasi. Sistem ini memungkinkan limbah pertanian dan peternakan yang sebelumnya kurang dimanfaatkan diolah menjadi berbagai produk bernilai ekonomi, seperti biogas, pupuk organik, kompos, dan pakan ternak fermentasi. Penerapan konsep *zero waste* tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan pencemaran lingkungan, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta memperkuat ketahanan usaha tani.

Hasil kajian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah ternak menjadi biogas memberikan manfaat ekonomi melalui peningkatan pendapatan, penghematan biaya energi, serta penciptaan nilai tambah dari produk samping yang dihasilkan. Analisis kelayakan finansial memperlihatkan bahwa pengembangan biogas layak untuk diusahakan, yang ditunjukkan oleh nilai *Benefit Cost Ratio* (B/C Ratio) lebih besar dari satu serta nilai *Internal Rate of Return* (IRR) yang melebihi tingkat suku bunga yang digunakan dalam analisis. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa sistem bioindustri berbasis biogas memiliki prospek yang baik untuk mendukung keberlanjutan usaha agribisnis di perdesaan.

Selain manfaat ekonomi langsung, pengembangan pertanian bioindustri juga membuka peluang tumbuhnya UMKM agribisnis berbasis produk bioindustri. Pengolahan pupuk organik, kompos, pupuk organik cair, pakan ternak fermentasi, dan energi biogas berpotensi menciptakan lapangan kerja baru, memperluas sumber pendapatan masyarakat, serta memperkuat ekonomi lokal. Oleh karena itu, pertanian bioindustri berbasis *zero waste* dapat menjadi salah satu instrumen penting dalam mendorong transformasi ekonomi perdesaan menuju sistem agribisnis yang lebih produktif, berdaya saing, dan berkelanjutan.

Implikasi Kebijakan

Pengembangan pertanian bioindustri berbasis *zero waste* memerlukan dukungan kebijakan yang terintegrasi antara sektor pertanian, peternakan, energi, dan pengembangan UMKM. Pemerintah perlu memperkuat program pendampingan, pelatihan, dan diseminasi teknologi bioindustri kepada petani dan kelompok usaha perdesaan agar adopsi inovasi dapat berlangsung lebih luas dan berkelanjutan.

Selain itu, diperlukan dukungan pembiayaan dan insentif investasi bagi pengembangan biodigester, unit produksi pupuk organik, dan usaha bioindustri lainnya yang memanfaatkan limbah pertanian dan peternakan. Penguatan kelembagaan petani, koperasi, dan kelompok usaha bersama juga penting untuk meningkatkan akses terhadap teknologi, pasar, dan sumber pembiayaan.

Dalam jangka panjang, pengembangan ekonomi sirkular berbasis pertanian bioindustri perlu menjadi bagian dari strategi pembangunan pertanian nasional guna mendukung ketahanan pangan, ketahanan energi, peningkatan kesejahteraan petani, serta pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*).

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang didukung oleh analisis kuantitatif berdasarkan data sekunder dan hasil penelitian terdahulu. Oleh karena itu, hasil kajian belum sepenuhnya menggambarkan variasi kondisi sosial, ekonomi, dan teknis pada berbagai wilayah pengembangan bioindustri di Indonesia. Selain itu, analisis ekonomi masih difokuskan pada pemanfaatan biogas sehingga belum mencakup seluruh potensi nilai tambah dari produk bioindustri lainnya.

Arah Penelitian Selanjutnya

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan melalui pendekatan empiris pada berbagai model pertanian bioindustri di tingkat petani dan UMKM untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai dampak ekonomi, sosial, dan lingkungan yang dihasilkan. Kajian mendatang juga dapat mengembangkan model rantai nilai (*value chain*) bioindustri, analisis ekonomi sirkular, serta strategi pengembangan UMKM agribisnis berbasis produk bioindustri dalam mendukung pembangunan perdesaan yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyediaan data, informasi, dan referensi yang mendukung penyusunan artikel ini. Penghargaan juga disampaikan kepada berbagai lembaga penelitian, perguruan tinggi, dan instansi pemerintah yang hasil-hasil kajian serta publikasinya menjadi landasan dalam pengembangan analisis mengenai pertanian bioindustri berbasis *zero waste*, nilai tambah agribisnis, dan keberlanjutan pembangunan pertanian di Indonesia. Semoga hasil kajian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, kebijakan, dan praktik agribisnis berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adijaya, I. N., & Yasa, I. M. R. (2013). *Hubungan konsumsi pakan dengan potensi limbah pada sapi Bali untuk pupuk organik padat dan cair*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2014). *Rencana strategis Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian tahun 2015–2019*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Bappenas. (2013). *Studi pendahuluan rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN) bidang pangan dan pertanian 2015–2019*. Jakarta: Bappenas.
- Birkmose, T. (2002). *Centralised biogas plants*. Denmark: Landscentret, Planteavl.
- Biro Perencanaan Kementerian Pertanian. (2014). *Strategi induk pembangunan pertanian (SIPP) 2015–2045*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Elizabeth, R. (2013). Potensi sumberdaya lokal sebagai pakan ternak untuk kecukupan populasi sapi potong dalam analisis ekonomi. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Ekonomi Kreatif Berbasis Komoditas Pertanian di Indonesia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Elizabeth, R. (2014). Mewujudkan kemandirian dan ketahanan pangan melalui revitalisasi dan pengembangan infrastruktur pertanian. Dalam *Prosiding Konferensi Nasional XVII dan Kongres XVI PERHEPI*. Bogor.
- Elizabeth, R. (2015). Pencapaian daya saing melalui peningkatan teknologi pengolahan, peningkatan kelembagaan dan pemasaran produk pangan olahan. Dalam *Prosiding Seminar Nasional PERHEPI*. Kendari.
- Elizabeth, R. (2016). Pemberdayaan petani dalam pengelolaan tanaman dan ternak guna meningkatkan kesejahteraan petani. Dalam *Prosiding Seminar Nasional*. Manado: BPTP Sulawesi Utara.
- Elizabeth, R. (2017). Revitalisasi industri produk olahan dan pemberdayaan lembaga kemitraan mendukung peningkatan pemasaran, daya saing, dan kesejahteraan petani pisang. *Journal of Agricultural Sciences*, 2(1).
- Elizabeth, R. (2018). Akselerasi agroindustri dan nilai tambah: Faktor pendukung pencapaian daya saing produk dan percepatan pembangunan pertanian di Indonesia.
- Ilham, N., Basuno, E., Wahyuning, K. S., Elizabeth, R., Daryanto, F. B., Yusdja, Y., & Ashari. (2011). *Keragaan, permasalahan dan upaya mendukung akselerasi program swasembada daging sapi*. Bogor: PSE-KP.
- Ilham, N., Indraningsih, K. S., & Elizabeth, R. (2018). Kinerja berbagai pola usaha pembibitan sapi lokal di beberapa daerah pengembangan sapi potong. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 15(1), 67–82.
- Indrawati, S. (2015). Pembangkitan biogas dari kotoran sapi: Hidrolisis termal pada tahap pengolahan pendahuluan. *Jurnal Teknik Kimia*.

- Junaedi, M. (2012). *Pemanfaatan energi biogas di perusahaan susu Umbul Katon Surakarta*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2016). *Outlook ekonomi Indonesia 2017: Melanjutkan reformasi, menjaga ketahanan dan memacu pertumbuhan ekonomi*. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. (2013). *Strategi induk pembangunan pertanian (SIPP) 2015–2045: Pertanian bioindustri berkelanjutan solusi pembangunan Indonesia masa depan*. Jakarta.
- Manurung, R. (2013). *Pengembangan sistem pertanian bioindustri berkelanjutan*. Jakarta: Pusat Pelatihan Manajemen dan Kepemimpinan Pertanian.
- Møller, H., Sommer, S. G., & Ahring, B. K. (2004). Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and Bioenergy*, 26(5), 485–495.
- Nielsen, L. H., & Hjort, K. (2004). *Socio-economic analysis of centralised biogas plants*. Kasrino, F. (2013). Politik revitalisasi pertanian dan dampak pelaksanaannya. Dalam M. Ariani et al. (Ed.), *Diversifikasi pangan dan transformasi pembangunan pertanian*. Jakarta: Badan Litbang Pertanian.
- Prastowo, B. (2014). Pengembangan pertanian bioindustri: Konsep, arah, dan strategi. Makalah disampaikan pada Rapat Kerja BBSDLP, Bandung.
- Sutisna, E. (2015). Perspektif pengembangan pertanian bioindustri di Papua Barat. Dalam *Perspektif pengembangan model pertanian bioindustri*. Jakarta: IAARD Press.
- Padmowijoto, S., Priyono, S., & Suhartanto, B. (2019). Pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber pupuk organik, biogas, dan makanan ternak. Dalam *Proceedings Seminar on Development of Tropical Resources and Effective Utilization of Energy in Agriculture*.