

Desain sistem tata kelola limbah ternak di kandang komunal Desa Gogik, Kabupaten Semarang

Kartika Dian Pertiwi¹, Evi Maria², Ita Puji Lestari¹, Muhammad Sultan Al-Zukhruf¹, Septi Dhian Pramesti¹, Ridlo Feizzati Rozzag Kristanto¹, Zulfa Alya Fadilla¹, Azizah Nur Khairunnisa¹, Daneva Salsabila Nawangsari¹, Rahmania Argita Dwijayanti¹

¹Universitas Ngudi Waluyo, Ungaran, Jawa Tengah, Indonesia

²Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia

Penulis korespondensi : Evi Maria

E-mail : evi.maria@uksw.edu

Diterima: 13 Oktober 2025 | Disetujui: 25 November 2025 | Online: 30 November 2025

© Penulis 2025

Abstrak

Kelompok Ternak Rukun Sentosa 2 di Desa Gogik, Kabupaten Semarang, mengelola sapi dalam sistem kandang komunal yang efisien dari sisi pakan dan kesehatan hewan, namun menghasilkan rata-rata 300-400 kg feses dan 160-200 liter urine per hari yang sebelumnya dibuang tanpa pengolahan. Kegiatan ini bertujuan membangun sistem tata kelola limbah komunal yang terstruktur, murah, dan berkelanjutan melalui penerapan *waste stream separation*. Rancangan sistem disusun melalui dua sesi *Focus Group Discussion* bersama anggota kelompok dan pemerintah desa, menghasilkan pemisahan alur limbah kering dan basah, pengolahan feses dengan 10 unit komposter, pemanfaatan urine pada digester biogas kapasitas 1 x 1 m³, serta penerapan rotasi kerja bergilir, *standard operating procedure*, dan pencatatan terstandar untuk limbah. Kegiatan ini menghasilkan dokumen tata kelola awal, baseline data volume limbah, serta peningkatan komitmen kelembagaan untuk pemanfaatan limbah menjadi energi dan pupuk organik. Sistem ini direkomendasikan untuk direplikasi pada komunitas peternak pedesaan dengan kondisi serupa guna mengurangi pencemaran dan meningkatkan nilai ekonomi limbah.

Kata kunci: biogas; kompos; limbah ternak; tata kelola partisipatif; *waste stream separation*.

Abstract

The Rukun Sentosa 2 Livestock Group in Gogik Village, Semarang Regency manages cattle in a communal housing system that is efficient in feed and animal health management but produces an average of 300-400 kg of manure and 160-200 liters of urine daily, previously discharged without treatment. This community service program aimed to establish a structured, low-cost, and sustainable communal waste management system through the application of waste stream separation. The design was developed in two Focus Group Discussion involving group members and village authorities, resulting in the separation of solid and liquid waste flows, processing manure using 10 composters (25 liters each), utilizing urine in a 1 x 1 m³ biogas digester, and implementing rotating work schedules, standard operating procedure, and standardized recordkeeping. The implementation produced an initial governance document, baseline waste volume data, and strengthened institutional commitment to convert waste into renewable energy and organic fertilizer. This system is recommended for replication in rural livestock communities with similar conditions to reduce environmental pollution and enhance the economic value of livestock waste.

Keywords: biogas; compost; livestock waste; participatory governance; waste stream separation.

PENDAHULUAN

Desa Gogik, Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang, memiliki potensi besar dalam pengelolaan peternakan sapi potong dan sapi perah secara komunal. Kelompok Ternak Rukun Sentosa 2 mengelola kandang komunal dengan 20 ekor sapi. Sistem pemeliharaan komunal ini terbukti efektif dalam efisiensi pakan dan pengawasan kesehatan hewan. Namun, limbah ternak baik padat (feses) maupun cair (urine), menjadi masalah lingkungan yang belum tertangani dengan baik (Novita et al., 2018; Pertiwi & Lestari, 2022; Sofyan & Adi, 2024).

Limbah ternak yang tidak dikelola dapat mencemari udara dengan gas amonia dan metana, serta merusak kualitas air tanah dan permukaan (Ogbuewu et al., 2012; Vaishnav et al., 2023). Pencemaran ini dapat menurunkan produktivitas pertanian, merusak lahan, serta meningkatkan biaya perawatan kesehatan masyarakat, yang pada akhirnya menghambat pembangunan ekonomi lokal dan mengurangi kualitas hidup (Ellacuriaga et al., 2021; Pertiwi & Lestari, 2022). Menurut teori ekosistem, setiap elemen dalam sistem ekologis saling bergantung, dan limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem yang lebih luas (Schneider & Belousova, 2019). Sebaliknya, limbah ternak dapat diubah menjadi sumber daya bernilai melalui teknologi biogas dan kompos, yang tidak hanya bermanfaat sebagai energi alternatif, tetapi juga digunakan sebagai pupuk organik yang meningkatkan kesuburan tanah (Ellacuriaga et al., 2021; Sofyan & Adi, 2024). Teori sistem, yang menekankan pengelolaan yang terintegrasi dan berbasis pada hubungan antar komponen, mendukung pendekatan pengelolaan limbah ternak yang melibatkan masyarakat dan lingkungan dalam satu sistem yang berkelanjutan.

Namun, pengelolaan limbah ternak di kandang komunal Desa Gogik saat ini masih terbatas dan bersifat insidental. Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa belum ada struktur organisasi pengelolaan limbah yang jelas, *standard operating procedure* (SOP), serta mekanisme distribusi manfaat yang adil di antara para peternak menjadi penyebabnya. Teori pengelolaan berbasis masyarakat menyatakan bahwa sistem pengelolaan efektif harus melibatkan masyarakat secara aktif dalam perencanaan dan pelaksanaan, serta mengedepankan partisipasi yang berkelanjutan untuk mendapatkan dampak yang nyata (Ismail, 2019; Hudiono et al., 2020; Vinti & Vaccari, 2022; Yudha et al., 2024). Oleh karena itu, pengembangan sistem tata kelola limbah berbasis komunitas dan partisipatif menjadi solusi yang tepat untuk Desa Gogik.

Menanggapi tantangan ini, kegiatan pengabdian masyarakat dirancang melalui pendekatan kolaboratif antara Universitas Kristen Satya Wacana dan Universitas Ngudi Waluyo. Fokus utama kegiatan ini adalah merancang sistem tata kelola limbah ternak berbasis komunitas melalui pendekatan *Focus Group Discussion* (FGD) bersama Kelompok Ternak Rukun Sentosa 2. Rancangan ini meliputi aspek teknis pengelolaan limbah, struktur organisasi, pembagian tugas, serta distribusi manfaat yang adil bagi peternak. Dengan adanya sistem ini, diharapkan kelompok ternak mampu mengelola limbah secara kolektif dan berkelanjutan, sehingga tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga menciptakan sumber daya baru yang mendukung ketahanan energi dan pertanian organik di Desa Gogik.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada Masyarakat ini merupakan bagian dari program hibah pengabdian kepada Masyarakat skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PkM) yang didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikristek) melalui Tahun Anggaran 2025. Pelaksanaan dilakukan secara kolaboratif oleh tim dosen dan mahasiswa dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) dan Universitas Ngudi Waluyo (UNW) bersama mitra Kelompok Ternak Rukun Sentosa, yang mengelola kandang komunal di Desa Gogik, Kabupaten Semarang. Fokus kegiatan adalah menyusun sistem tata kelola limbah ternak komunal yang selama ini belum terorganisir secara sistematis.

Metode pelaksanaan terdiri dari dua tahapan utama. Pertama, penyusunan desain sistem tata kelola. Penyusunan sistem dilakukan dua kali *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan pengurus dan anggota kelompok ternak serta perwakilan pemerintah desa. FGD pertama pada 31 Juli 2025

bertujuan untuk memetakan kondisi aktual pengelolaan limbah, mencakup volume limbah harian, kendala teknis, dan potensi pemanfaatan limbah menjadi biogas dan kompos. FGD pertama juga mencatat alur pengelolaan limbah yang sudah ada dan mengevaluasi potensi pengelolaan limbah secara lebih sistematis. Hasil dari FGD ini menjadi dasar untuk merancang solusi yang relevan dengan kondisi yang ada di lapangan. FGD kedua pada 2 Agustus 2024 digunakan untuk merumuskan desain sistem tata kelola yang mencakup struktur organisasi, pembagian tugas, prosedur kerja, serta mekanisme pencatatan limbah. Hasil dari FGD kedua ini kemudian dituangkan dalam dokumen tata kelola, yang akan menjadi pedoman dalam implementasi sistem tata kelola limbah ternak komunal.

Indikator capaian kegiatan disusun untuk mengukur keberhasilan program PkM secara objektif, dinyatakan sebagai berikut. Pertama, tersusunnya sistem tata kelola limbah ternak berbasis pemisahan alur limbah kering dan basah termasuk pencatatan harian dan rekap mingguan volume limbah. Dokumen sistem tata kelola berisi prosedur pemisahan feses dan urine, alur pengelolaan limbah, serta mekanisme kerja harian. Kedua, terbentuknya struktur kerja bergilir dan pembagian peran fungsional untuk pengelolaan limbah ternak. Ketiga, munculnya komitmen dan kesadaran anggota kelompok ternak untuk menjalankan sistem tata kelola ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian menghasilkan rancangan sistem tata kelola limbah ternak komunal berbasis kerja kolektif yang disusun bersama Kelompok Ternak Rukun Sentosa 2 di Desa Gogik. Rancangan ini lahir dari dua sesi FGD yang membahas kondisi eksisting dan menyusun sistem operasional dasar yang dapat diterapkan langsung oleh peternak dengan sumber daya terbatas.

Kondisi Awal Pengelolaan Limbah

Kelompok Ternak Rukun Sentosa 2 di Desa Gogik mengelola kandang komunal berisi 20 ekor sapi (Gambar 1). Dengan asumsi produksi harian per ekor sapi mencapai 15-20 kilogram limbah padat (feses) dan 8-10 liter limbah cair (urine), total limbah yang dihasilkan setiap hari berkisar 300-400 kg feses dan 160-200 liter urine. Sebelum kegiatan pengabdian dilakukan, pengelolaan limbah belum terstruktur. Feses ditumpuk di sudut kandang tanpa pengolahan, sementara urine mengalir ke saluran terbuka di belakang kandang tanpa penampungan. Pekerjaan dilakukan secara individual dan insidental tanpa jadwal, rotasi tugas, pencatatan, atau pembagian tanggung jawab. Kondisi ini menyebabkan bau menyengat, genangan air saat musim hujan, serta potensi pencemaran sumber air (Pertwi & Lestari, 2022). Temuan ini sejalan dengan The World Bank (2006) yang mencatat lemahnya tata kelola limbah pada kelompok ternak pedesaan tanpa sistem kelembagaan, sehingga memicu tekanan ekologis dan sosial.



Gambar 1. Kondisi eksisting peternakan sapi komunal di Desa Gogik

Desain Sistem Tata Kelola Limbah Ternak di Kandang Komunal

FGD yang difasilitasi tim PkM (Gambar 2) menghasilkan rancangan sistem tata kelola limbah berbasis *waste stream separation*, yaitu pemisahan alur limbah kering (feses) dan basah (urine) sejak dari sumbernya untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi pencemaran, dan memaksimalkan nilai guna limbah (Bernal et al., 2009; Surendra et al., 2014). Sistem ini dirancang adaptif terhadap kapasitas kelompok, memanfaatkan sumber daya lokal, dan mengintegrasikan nilai gotong royong melalui model kerja bergilir (ronda) yang umum di pedesaan Jawa Tengah (Koentjaraningrat, 1984).



Gambar 2. Suasana Diskusi Tim PkM dengan Pemerintah Desa Gogik

Pada alur limbah kering, dua petugas ronda harian membersihkan kandang sebelum pemberian pakan, lalu mengangkut feses ke titik *pre-composting* di belakang kandang. Feses dimasukkan ke dalam 10 unit komposter kapasitas 25 liter yang disediakan oleh tim PkM melalui pendanaan Kemendiktisaintek 2025. Campuran feses, jerami kering, tanah, dan abu sekam berfungsi sebagai biofilter alami, mengontrol kelembaban, mengurangi bau, mempercepat dekomposisi, dan menekan populasi lalat (Istiqomah et al., 2022). Penutup rumput kering ditambahkan sebagai inovasi untuk menciptakan kondisi semi-aerob (Harahap et al., 2019; Sevillano et al., 2021) yang mendukung perkembangan mikroba pengurai. Volume feses dicatat di papan tulis kandang sebagai data awal produksi limbah harian. Sedangkan alur limbah basah, sistem memanfaatkan saluran eksisting yang mengalir ke bak penampungan tertutup di ujung saluran tanpa mengubah struktur kandang, sehingga biaya dapat ditekan. Urine diambil setiap hari dan dimasukkan ke digester biogas kapasitas 1 x 1 m³ yang juga disediakan melalui program hibah Kemendiktisaintek, dicampur dengan feses segar dalam rasio C/N ideal untuk fermentasi anaerob (Sevillano et al., 2021). Gas metana yang dihasilkan digunakan untuk memasak, sedangkan slurry cair dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair bagi hijauan pakan ternak (Adityawarman et al., 2015).

Standard operating procedure (SOP) mencakup penugasan dua anggota per hari, pembersihan kandang sebelum pakan pagi, pengangkutan feses ke titik kompos, pengaliran urine ke bak penampungan atau digester, serta pencatatan volume limbah untuk mendukung akuntabilitas dan analisis ekonomi. Pencatatan dilakukan dua tahap. Pertama, tahap pencatatan lapangan dilakukan setiap hari oleh petugas ronda di lembar kerja lapangan atau papan tulis kandang, mencatat tanggal, nama petugas, jumlah karung feses (± 20 -25 kg per karung), volume urine (ember ukur 10-15 liter), dan catatan kondisi. Kedua, tahap pencatatan permanen dilakukan setiap akhir minggu oleh bendahara atau sekretaris kelompok di *log book* limbah atau *spreadsheet* digital dengan tambahan estimasi berat total, rata-rata harian, dan catatan teknis. Contoh lembar kerja lapangan di tunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Lembar Kerja Lapangan (Petugas Ronda)

Tanggal	Nama Petugas 1	Nama Petugas 2	Jumlah Karung Feses (unit)	Volume Urine (liter)	Catatan Kondisi
6/08/25	Mulyono	Cipto	3	25	Aliran urine lancar, 1 karung feses agak basah
7/08/25	Cholik	Nugroho	4	25	Aliran urine lancar

Rekap mingguan yang tersimpan dalam *log book* limbah memberikan gambaran produksi dan tren, seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Log Book* Limbah Ternak

Minggu ke-	Periode tanggal	Total Karung Feses (unit)	Berat Total (Kg)	Total Volume Urine (Liter)	Rata-rata Feses per Hari (Kg)	Rata-Rata Urine per Hari (Liter)	Catatan Penting
1	1-5/08/25	25	500-625	175	71,4-89,3	25	Tidak ada masalah
2	6-12/08/25	23	460-575	168	65,7-82,1	24	Volume urine stabil

Keberlanjutan sistem dijaga melalui pembagian peran fungsional yang dijalankan secara rotasi bulanan. Divisi Operasional bertugas membersihkan kandang, mengangkut limbah dan mengisi komposter/digester. Divisi Dokumentasi mencatat volume limbah, jadwal kerja, dan hasil olahan, sedangkan Divisi Evaluasi memantau kebersihan, fungsi alat, dan distribusi hasil. Rotasi ini bertujuan untuk memastikan setiap anggota mengalami semua fungsi kerja, memperkuat kapasitas teknis sekaligus rasa kepemilikan bersama.

Sistem ini memadukan prinsip teknis modern, yaitu pemisahan aliran limbah, fermentasi anaerob, dan komposting terkontrol dengan kearifan lokal berbasis gotong royong dan kerja bergilir. Biaya implementasinya rendah karena memanfaatkan infrastruktur yang sudah ada, sementara pencatatan terstruktur memungkinkan perhitungan harga pokok produksi (HPP), evaluasi produktivitas, dan perencanaan pemanfaatan limbah sebagai produk bernilai ekonomi. Sistem ini menjamin transparansi, menyediakan data historis untuk perhitungan HPP, dan menjadi dasar analisis kapasitas alat, rata-rata produksi harian, serta pengaruh musim, pakan, dan kesehatan ternak terhadap volume limbah. Mekanisme ini meningkatkan transparansi, kontrol sosial, dan rasa tanggung jawab bersama (Pretty, 1995; Beeton, 2006). Dengan sifatnya yang adaptif dan partisipatif, sistem ini dapat direplikasi di komunitas peternak pedesaan dengan kondisi serupa, sekaligus mendukung akuntabilitas, efisiensi operasional, dan potensi monetisasi produk limbah.

Capaian Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

Secara teknis, kegiatan ini telah menghasilkan sistem tata kelola limbah berbasis pemisahan limbah kering dan basah, dengan struktur kerja bergilir dan dokumentasi harian yang dijalankan mandiri. Sistem memfasilitasi pemetaan alur, tanggung jawab, serta rencana integrasi alat pengolahan limbah ternak. Capaian kedua adalah tersusunnya dokumen tata kelola awal yang memuat struktur kerja ronda, SOP pengumpulan limbah, serta rancangan skema penggunaan digester dan komposter. Dokumen ini menjadi landasan awal penguatan sistem internal kelompok ternak Rukun Sentosa 2. Capaian ketiga adalah munculnya komitmen dari anggota kelompok untuk memperbaiki praktik kerja dengan mencoba teknik kompos alami, hingga membahas alternatif saluran urine yang lebih tertutup, semua menunjukkan tumbuhnya kesadaran kelembagaan dari dalam. Transformasi ini menunjukkan bahwa proses penguatan sistem di komunitas peternak tidak bersandar pada teknologi semata, melainkan pada kemampuan warga memaknai limbah sebagai bagian dari ekosistem ekonomi dan sosial mereka (Hudiono et al., 2020).

SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Desa Gogik, Kabupaten Semarang, berhasil merancang sistem tata kelola limbah ternak komunal berbasis pemisahan alur limbah kering dan basah yang adaptif terhadap kapasitas kelompok. Sistem ini memadukan prinsip teknis modern, seperti fermentasi anaerob, komposting terkontrol, dan pencatatan terstruktur dengan kearifan lokal berbasis gotong royong dan kerja bergilir. Hasil dari kegiatan ini diharapkan dapat diterapkan oleh mitra PkM,

yaitu Kelompok Ternak Rukun Sentosa 2 agar tidak hanya dapat mengurangi potensi pencemaran lingkungan, tetapi juga dapat membuka peluang pemanfaatan limbah sebagai energi alternatif dan pupuk organik yang bernilai ekonomi. Terbentuknya struktur kerja bergilir, SOP pengelolaan, sistem pencatatan volume limbah serta meningkatnya komitmen anggota kelompok menandai terbangunnya kapasitas kelembagaan yang mandiri dan berkelanjutan.

Untuk memastikan keberlanjutan sistem, mitra PkM masih perlu dilakukan pendampingan lanjutan dalam bentuk pelatihan teknis pengoperasian dan perawatan komposter dan digester, penguatan kapasitas pencatatan dan analisis data produksi limbah, serta pengembangan model bisnis sederhana untuk monetisasi produk olahan limbah. Pemerintah desa dan perguruan tinggi disarankan untuk mendukung replikasi sistem ini ke kelompok ternak lain di wilayah sekitar, sekaligus mengintegrasikan pengelolaan limbah ternak ke dalam program ketahanan energi dan pertanian organik desa. Selain itu, skema penelitian juga perlu dilakukan dengan fokus optimalisasi rasio bahan baku kompos dan biogas, evaluasi dampak ekonomi bagi anggota kelompok, serta kajian reduksi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari penerapan sistem ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim PkM mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendiknasaintek) atas bantuan pendanaan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Desa Gogik, Kabupaten Semarang. Kegiatan ini ada dalam rangkaian skim Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat Kemendiknasaintek Tahun Anggaran 2025, yang didanai melalui Kontrak Induk Nomor 032/LL6/PM/AL.04/2025 Tanggal 29 Mei 2025 dan Kontrak Turunan Nomor 001/KTR-PM/LPPM/UNW/VI/2025 Tanggal 2 Juni 2025.

DAFTAR RUJUKAN

- Adityawarman, A. ., Salundik, & Lucia. (2015). Pengolahan Limbah Ternak Sapi Secara Sederhana di Desa Pattalassang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan* , 3(3), 171–177.
- Beeton, S. (2006). Sustainable tourism in practice: Trails and tourism. Critical management issues of multi-use trails. *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 3(1), 47–64. <https://doi.org/10.1080/14790530600727227>
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Ellacuriaga, M., García-Cascallana, J., & Gómez, X. (2021). Biogas Production from Organic Wastes: Integrating Concepts of Circular Economy. *Fuels*, 2(2), 144–167. <https://doi.org/10.3390/fuels2020009>
- Harahap, F. S., Walida, H., Harahap, D. A., & Wicaksono, M. (2019). Pemberian Abu Sekam Padi dan Jerami Padi untuk Pertumbuhan serta Serapan Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays L.*) pada Tanah Ultisol di Kecamatan Rantau Selatan. *Jurnal Agroplasma*, 6(2), 12–18. <https://doi.org/10.36987/agr.v6i2.675>
- Hudiono, R. K., Maria, E., & Suharyadi, S. (2020). Pelatihan homestay dan inovasi kuliner sebagai strategi pemberdayaan perempuan dalam pariwisata. *Unri Conference Series: Community Engagement*, 2, 169–176. <https://doi.org/10.31258/unricsce.2.169-176>
- Ismail, Y. (2019). Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat. *Academics In Action: Journal of Community Empowerment*, 1(1), 50–61. <https://doi.org/10.33021/aia.v1i1.742>
- Istiqomah, I., Eka Kusumawati, D., Dita Serdani, A., & Abdul Choliq, F. (2022). Pemanfaatan Limbah Jerami, Sekam, dan Urine Sapi Sebagai Pupuk Organik untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Padi. *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 16(2), 101–113. <https://doi.org/10.35457/viabel.v16i2.2462>
- Koentjaraningrat. (1984). *Masyarakat Desa di Indonesia*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.

- Novita, E., Suryaningrat, I. B., & Daniati, E. (2018). Potensi Penerapan Produksi Bersih di Peternakan Sapi Perah CV. Margo Utomo Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Argoteknologi*, 12(02), 116–125. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v12i02.9277>
- Ogbuewu, I. P., Odoemenam, V. U., Omede, A. A., Durunna, C. S., Emenalom, O. O., Uchegbu, M. C., Okoli, I. C., & Iloeje, M. U. (2012). Livestock waste and its impact on the environment. *Scientific Journal of Review*, 1(2), 17–31. <https://doi.org/10.1177/1461444810365020>
- Pertiwi, K. D., & Lestari, I. P. (2022). Kualitas Mutu Perairan Sub Daerah Aliran Sungai Kaligarang Desa Gogik Ditinjau Dari Paramater Nitrat, Bod, Cod Dan Do. *Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 4(2), 274–279. <https://doi.org/10.35473/proheallth.v4i2.1816>
- Pretty, J. N. (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development*, 23(8), 1247–1263. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00046-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F)
- Schneider, P., & Belousova, A. (2019). Ecosystem Services and Sustainable Development. In *Encyclopedia of Sustainability in Higher Education* (pp. 1–12). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63951-2_423-1
- Sevillano, C. A., Pesantes, A. A., Peña Carpio, E., Martínez, E. J., & Gómez, X. (2021). Anaerobic Digestion for Producing Renewable Energy—The Evolution of This Technology in a New Uncertain Scenario. *Entropy*, 23(2), 145. <https://doi.org/10.3390/e23020145>
- Sofyan, A. N., & Adi, I. R. (2024). Pemberdayaan Pengolahan Limbah Kotoran Sapi oleh Kelompok Obor Desa Organik (ODOS) di Desa Sukajaya, Jawa Barat. *Jurnal Sosial Teknologi*, 4(12), 1073–1085. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v4i12.31787>
- Surendra, K. C., Takara, D., Hashimoto, A. G., & Khanal, S. K. (2014). Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 846–859. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.015>
- The World Bank. (2006). *Melestarikan Pertumbuhan Ekonomi, Penghidupan Pedesaan, dan Manfaat Lingkungan: Opsi-Opsi Strategis untuk Bantuan Kehutanan di Indonesia* (D. S. Sukadri (ed.)). The World Bank.
- Vaishnav, S., Saini, T., Chauhan, A., Gaur, G. K., Tiwari, R., Dutt, T., & Tarafdar, A. (2023). Livestock and poultry farm wastewater treatment and its valorization for generating value-added products: Recent updates and way forward. *Bioresource Technology*, 382, 129170. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129170>
- Vinti, G., & Vaccari, M. (2022). Solid Waste Management in Rural Communities of Developing Countries: An Overview of Challenges and Opportunities. *Clean Technologies*, 4(4), 1138–1151. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4040069>
- Yudha, E. P., Hapsari, H., Rasmikayati, E., & Dina, R. A. (2024). Perencanaan Pembangunan Perdesaan Partisipatif: Studi Kasus Solusi Masalah Kebersihan di Desa Cileles. *Abdimas Galuh*, 6(2), 2345–2355. <https://doi.org/10.25157/ag.v6i2.16064>