

Pengelolaan Limbah Ternak sebagai Pupuk Organik Padat dengan Pengomposan di Desa Sambu, Kecamatan Sambirejo, Sragen

Desy Setyaningrum^{1*}, Ari Prasetyo², Hammar Ilham Akbar², Ganjar Pambudi², Wahyu Subagio Saputro³

¹ Program Studi Agribisnis, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

² Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

³ Program Studi Budidaya Ternak, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*e-mail korespondensi: desy_setyaningrum@staff.uns.ac.id

Abstract

Sambu Village, Sambirejo District, Sragen, is located at an altitude of 191 meters above sea level, with most of the population being farmers and livestock breeders. This community service activity aims to educate and train the community to manage livestock waste into solid organic fertilizer through composting. Sambu Village has excellent potential in the agricultural and livestock sectors, but the waste produced needs to be optimally utilized. Using organic fertilizer from livestock waste is expected to reduce dependence on chemical fertilizers that negatively impact the environment and soil fertility. The community service involves socialization, counseling, and aerobic composting training involving BUMDes Sejahtera and the "Sumber Rejeki" Farmer Group as partners. The activity results showed increased public understanding and awareness regarding the benefits of composting livestock waste and the proper techniques for producing high-quality organic fertilizer. The Sambu Village community showed enthusiasm and active participation in this activity, which is expected to be sustainable to support sustainable agriculture and improve the village economy. However, further monitoring is needed to apply composting techniques and the quality of organic fertilizer produced by applicable standards.

Keywords: *Livestock waste; Aerobic composting; Organic farming; Organic fertilizer*

Abstrak

Desa Sambu, Kecamatan Sambirejo, Sragen terletak pada ketinggian 191 mdpl dengan jumlah penduduk sebagian besar sebagai petani dan peternak. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mengedukasi dan melatih masyarakat dalam pengelolaan limbah ternak menjadi pupuk organik padat melalui proses pengomposan. Desa Sambu memiliki potensi besar dalam sektor pertanian dan peternakan, namun limbah ternak yang dihasilkan belum dimanfaatkan dengan optimal. Penggunaan pupuk organik dari limbah ternak diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang berdampak negatif pada lingkungan dan kesuburan tanah. Metode pengabdian sosialisasi, penyuluhan, dan pelatihan pengomposan aerob dengan melibatkan BUMDes Sejahtera dan Kelompok Tani "Sumber Rejeki" sebagai mitra. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman dan kesadaran masyarakat terkait manfaat pengomposan limbah ternak serta teknik yang tepat dalam menghasilkan pupuk organik berkualitas tinggi. Masyarakat Desa Sambu menunjukkan antusiasme dan partisipasi aktif dalam kegiatan ini, yang diharapkan dapat berkelanjutan untuk mendukung pertanian berkelanjutan dan meningkatkan perekonomian desa. Namun, perlu dilakukan pemantauan lebih lanjut terhadap penerapan teknik pengomposan dan kualitas pupuk organik yang dihasilkan sesuai dengan standar yang berlaku.

Kata Kunci: Limbah ternak; Pengomposan aerob; Pertanian organik; Pupuk organik

Accepted: 2024-10-21

Published: 2025-05-14

PENDAHULUAN

Desa Sambu merupakan salah satu desa di Kecamatan Sambirejo Kabupaten Sragen yang terletak di ketinggian 191 meter di atas permukaan laut dengan jumlah penduduk 35.803 jiwa (BPS, 2023b). Mayoritas penduduk Desa Sambu bermata pencaharian sebagai petani dan peternak (BPS, 2023d). Hal ini didukung luasan lahan pertanian sawah 1.488,00 Ha dan lahan bukan sawah 3.355,86 Ha (BPS, 2023c). Selain itu, berdasarkan data Badan Pusat Statistik bahwa jumlah ternak

di Kecamatan Sambirejo sangat tinggi yaitu 3420 ekor sapi perah, 5.390 kambing, 6.013 domba, 7 ekor kerbau, 72815 ayam kampung, 3435325 ayam ras, 3429 itik, 157 itik manila, dan 120 angsa (BPS, 2023a). Aktivitas peternakan di desa ini menghasilkan limbah ternak yang cukup melimpah, terutama dari kotoran sapi, kambing, dan ayam. Limbah kotoran ternak di Desa Sambi dibelum dimanfaatkan. Kotoran ternak telah menjadi salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan sumber tak langsung akibat perluasan industri peternakan dan peternakan unggas yang terus-menerus (Chang et al., 2022). Limbah ternak memiliki potensi besar untuk diolah menjadi pupuk organik padat yang sangat bermanfaat bagi sektor pertanian. Hal ini didukung oleh kandungan unsur hara pada kotoran ternak seperti kotoran sapi mengandung nitrogen 0,33%, fosfor 0,11%, kalium 0,13%, kalsium 0,26% (Shine et al., 2022). Kotoran kambing mengandung 1,19% nitrogen, 0,92% fosfor, dan 1,58% kalium (Mbatha et al., 2021), sedangkan kotoran ayam mengandung 1% nitrogen, 0,80% fosfor, 0,40% kalium (Manogaran et al., 2022). Kotoran ternak merupakan salah satu bahan baku umum yang digunakan dalam pengomposan dan komunitas mikroba kotoran ternak dan unggas telah dieksplorasi secara ekstensif selama pengomposan (Sun et al., 2022; Zhang et al., 2020). Kandungan unsur hara dan komposisi mikrobiota masing-masing kotoran ternak berbeda-beda karena disebabkan oleh komposisi makanan ternak (Zhu et al., 2022).

Pengomposan merupakan pendekatan yang efektif dan banyak digunakan untuk mengubah kotoran hewan dan produk limbah pertanian lainnya menjadi pupuk organik pertanian yang berkualitas tinggi (Diacono et al., 2019; Morero et al., 2020; Sharma et al., 2019). Pengomposan termasuk proses dekomposisi biologis yang bergantung pada aktivitas sekumpulan mikroba sebagai pendorong depolimerisasi bahan organik (Bhunias et al., 2021; Truckell et al., 2019). Bakteri dan jamur merupakan mikroba yang paling banyak dan aktif yang terlibat dalam pengomposan (Galitskaya et al., 2017; Neher et al., 2013). Bakteri berperan dalam dekomposisi dan pembentukan panas dalam kompos (Y. Xie et al., 2020), jamur mampu menguraikan polimer kompleks dalam kompos (Y. Wang et al., 2020). Sumber bahan yang digunakan memainkan peran penting karena sebagian besar mikroorganisme pengurai berasal dari bahan mentah. Dari sifat fisikokimia pengomposan, suhu merupakan indikator penting untuk pematangan kompos dan mencerminkan aktivitas mikroba selama pengomposan (Qu et al., 2022). Kematangan kompos berfungsi sebagai parameter penting untuk menilai kualitas kompos, yang menawarkan karakterisasi zat fitotoksik yang komprehensif dalam kompos (Estrella-González et al., 2020).

Pemanfaatan limbah organik sebagai pupuk memiliki implikasi yang signifikan untuk daur ulang sumber daya, peningkatan ketersediaan nutrisi, dan peningkatan sifat fisiko-kimia tanah (misalnya, porositas, bahan organik, dan keanekaragaman serta kekayaan komunitas mikroba) (Blouin et al., 2019; Honorato et al., 2024). Penggunaan pupuk tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman, tetapi juga mengubah sifat fisikokimia dan biologis tanah. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus menyebabkan penurunan kandungan bahan organik tanah yang disertai dengan penurunan kualitas tanah pertanian. Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dapat mengeraskan tanah, mengurangi kesuburan tanah, mencemari udara, air, dan tanah, serta mengurangi nutrisi penting tanah dan mineral (Alves et al., 2019; Yang et al., 2018). Pengelolaan limbah ternak sebagai pupuk organik merupakan salah upaya untuk mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk anorganik. Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memberikan edukasi serta praktik langsung kepada masyarakat Desa Sambi tentang cara mengelola limbah ternak menjadi pupuk organik padat yang efektif dan ramah lingkungan. Dengan adanya pengelolaan limbah ternak yang tepat, diharapkan dapat mengurangi masalah limbah sekaligus meningkatkan kesejahteraan petani dan peternak melalui penyediaan pupuk berkualitas tinggi dengan biaya yang lebih terjangkau. Melalui pendekatan ini, pengelolaan limbah ternak tidak hanya menjadi solusi bagi permasalahan lingkungan di desa, tetapi juga menjadi langkah strategis dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan di Desa Sambu, Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen yang secara astronomis terletak pada 110°45' – 111°10' Bujur Timur dan 7°15' – 7°30' Lintang Selatan. Berdasarkan topografi desa Sambu termasuk dataran rendah dengan ketinggian 190 meter di atas permukaan laut memiliki curah hujan 753 mm/hari dengan jumlah hari hujan 51 hari. Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktobre 2024 dengan metode sosialisasi, penyuluhan dan pelatihan. Tim kegiatan pengabdian masyarakat merupakan Dosen Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret. Pengabdian masyarakat bermitra dengan "BUMDes Sejahtera" di Desa Sambu. BUMdes Sejahtera didirikan oleh Pemerintah Desa Sambu dan telah mendapatkan persetujuan oleh Kemenkumham Tahun 2021 dengan nomor AHU-00731.1H.01.33.TAHUN 2021 dan keterangan usaha peternakan dengan no. 471/21/VI/2009/2021. Mitra Ke-2 yaitu Kelompok Tani (Poktan) "Sumber Rejeki" Srimulyo RT 32, Desa Sambu, Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah. Kelompok Sumber Rejeki didirikan pada tanggal 1 Januari 2010. Pendirian Badan Hukum Sumber Rejeki telah disahkan oleh Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia pada tanggal 21 November 2015 Nomor AHU-001859.AH.01.07.TAHUN 2015 dan keterangan usaha dengan no. 471/12/II/2009/2022.

Kegiatan pengabdian terdiri dari enam kegiatan sesuai pada Tabel 1. Kegiatan sosialisasi merupakan perilaku, praktik, dan keteraturan sosial yang mengomunikasikan informasi (Del Toro & Wang, 2021). Penyuluhan merupakan metode dengan cara memberikan materi kepada peserta pengabdian yang bertujuan untuk menambah pengetahuan (Ridley et al., 2021). Bahan yang digunakan dalam proses pengomposan aerob yaitu limbah kotoran ternak sapi, bahan coklat (karbon): seperti jerami, sekam padi, serbuk gergaji, atau daun kering yang ditambahkan untuk menyeimbangkan rasio karbon dan nitrogen, bahan hijau (nitrogen): seperti rumput segar atau sisa sayuran yang kaya nitrogen, kapur dolomit, air, bakteri pengurai atau aktivator kompos yaitu molase dan EM4. Alat yang digunakan yaitu alat pencacah untuk memecah bahan organik menjadi ukuran yang lebih kecil agar lebih cepat terurai, komposter yaitu wadah yang digunakan untuk menampung bahan kompos sehingga proses pengomposan bisa berjalan dengan baik, garpu atau sekop digunakan untuk membalik kompos secara berkala agar oksigen bisa masuk ke dalam tumpukan kompos, termometer kompos untuk memantau suhu dalam tumpukan kompos, memastikan suhu tetap ideal untuk aktivitas mikroba.

Tabel 1. Program kegiatan pengelolaan limbah ternak sebagai pupuk organik padat dengan pengomposan di Desa Sambu, Kecamatan Sambirejo, Sragen

No	Program	Kegiatan
1.	Persiapan	Sosialisasi dengan kedua mitra yaitu BUMDes Sejahtera dan Kelompok Tani "Sumber Rejeki" tentang kegiatan pengelolaan limbah ternak sebagai pupuk organik melalui proses pengomposan
2.	Edukasi awal	Edukasi awal terkait program dengan melakukan pengukuran pengetahuan awal kepada masyarakat
3.	Edukasi	Penyuluhan pengaruh pupuk anorganik terhadap kesuburan tanah
4.	Penyuluhan	Penyuluhan pengelolaan limbah ternak sebagai pupuk organik melalui proses pengomposan
5.	Pelatihan	Praktik pengomposan aerob limbah ternak sebagai pupuk organik
6.	Evaluasi	Pengamatan hasil pupuk organik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desa Sambu, Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen merupakan desa yang memiliki sawah 39.824 Ha (40,04%) terdiri dari sawah irigasi seluas 25.178 Ha, sawah tadah hujan seluas 14.539 Ha dan lainnya 107 Ha. Luas wilayah bukan sawah 59.633 Ha (59,96%) berupa perkebunan 13.165,74 Ha, perkebunan rakyat 13.530,68 Ha, hutan rakyat 5.010,00 Ha, dan hutan negara 5.423,51 Ha. Luas sawah pada tahun 2023 turun 100 Ha dibanding tahun 2022. Sebagian besar penduduk bermata pencaharian sebagai petani dan peternak. Namun, pertanian di Desa ini sangat bergantung pada pupuk anorganik. Selain itu, peternak di Desa ini juga belum melakukan pengelolaan pada limbah ternak. Kegiatan sosialisasi dilakukan untuk memberikan pemahaman mengenai pengelolaan limbah ternak efisien dan berkelanjutan yaitu sebagai pupuk organik. Peserta sosialisasi terdiri dari Kepala Desa Sambu, Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen, Ketua dan anggota BUMDes Sejahtera dan Kelompok Tani "Sumber Rejeki. Peserta menunjukkan sikap antusias dan berpartisipasi secara aktif dalam sesi tanya jawab. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara peserta dan tim pengabdian masyarakat terjalin dengan baik. Dalam kegiatan sosialisasi ini, Tim PKM menyampaikan program yang akan dikerjakan selama beberapa bulan terkait pengelolaan limbah ternak sebagai pupuk organik melalui proses pengomposan.

Tahap kedua dalam kegiatan pengabdian masyarakat adalah penyuluhan. Dalam kegiatan penyuluhan dilakukan wawancara terkait pemahaman peserta dalam pengelolaan limbah ternak. Metode yang digunakan dalam penyuluhan yaitu ceramah dengan media Power Point (Gambar 1). Materi penyuluhan diawali dengan pengaruh penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus terhadap kesuburan tanah. Penggunaan pupuk kimia dari segi biaya-produktivitas tidak berskala linear dan mengakibatkan pemborosan sumber daya mineral yang sangat besar (Wu et al., 2020). Selain itu, jutaan ton nutrisi sintetis yang dimasukkan ke dalam tanah setiap tahun tidak diserap oleh tanaman. Sekitar 50% N dan 90% P dilaporkan mengalir dari lahan pertanian dan terlepas ke atmosfer atau sumber air, sehingga menyebabkan terbentuknya gas rumah kaca, eutrofikasi dalam sistem akuatik, dan salinisasi dalam tanah (Li et al., 2021; Liang et al., 2021). Selain itu, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan menyebabkan masalah keamanan dan penurunan kualitas pangan, seperti akumulasi nitrat dalam produk nabati (Liu et al., 2022). Selain itu, kegiatan penyuluhan juga mendorong peserta untuk mensubstitusi atau menggantikan pupuk kimia dengan pupuk organik. Aplikasi pupuk organik merupakan tindakan yang paling efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah dan struktur komunitas mikroba dengan cepat. Hal ini menjadi implikasi yang berharga bagi produktivitas lahan pertanian, ketahanan pangan, dan keberlanjutan lingkungan jangka panjang (Han et al., 2021). Kombinasi pupuk organik dari kotoran ternak dan pemupukan kimia meningkatkan laju penyerapan karbon organik, keseimbangan fosfor dan kesuburan tanah dibandingkan dengan perlakuan pupuk kimia (Boyhan & Hill, 2008; Yadav et al., 2013).



Gambar 1.

Wawancara terkait pemahaman peserta dalam pengelolaan limbah ternak dilakukan saat penyuluhan. Tabel 1 menunjukkan bahwa masyarakat Desa Sambi belum mengelola limbah ternak dengan baik. Masyarakat hanya menumpuk limbah ternak di bawah kandang ternak. Hal tersebut menyebabkan polusi serius pada lingkungan dan potensi ancaman terhadap kesehatan manusia dan hewan. Apabila tidak ditangani dengan benar karena bau menyengat, logam berat, residu pestisida, kontaminasi koliform (Checcucci et al., 2020), serta perkembangbiakan lalat dan serangga (Ebong et al., 2020). Dalam kegiatan penyuluhan juga disampaikan materi terkait proses pembuatan pupuk organik dari limbah ternak yaitu dengan pengomposan. Pengomposan merupakan teknologi pengolahan limbah organik tradisional yang dapat mengubah limbah organik menjadi pupuk organik berkualitas tinggi (Amrul et al., 2022), meningkatkan kandungan bahan organik tanah (Sharma et al., 2019), memperkaya komunitas mikroba dalam tanah (Bhattarai, 2015), dan hasil panen. Pengomposan mengurangi dampak negatif limbah organik terhadap lingkungan dan manusia serta menyediakan sumber pupuk organik yang aman, efisien, dan murah untuk produksi pertanian (M. Wang et al., 2017). Pengomposan banyak digunakan untuk pengolahan limbah organik yang tidak berbahaya dan pemanfaatan sumber daya karena prosesnya yang sederhana serta biaya investasi dan operasi yang relatif rendah. Proses pengomposan dapat dilakukan secara aerob dan anaerob. Dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan pelatihan pengomposan secara aerob (Gambar 2). Namun, metode pengomposan memerlukan siklus pengolahan selama 1–2 bulan atau lebih (Sorathiya et al., 2014). Proses pengomposan melibatkan empat tahap: pemanasan, suhu tinggi, pendinginan, dan pematangan, yang mengubah limbah organik menjadi produk mineralisasi dan bahan organik yang stabil (terutama humus) (S. Xie et al., 2023) melalui aksi mikroorganisme. Dengan demikian, proses ini dapat dibagi menjadi dua proses: mineralisasi dan humifikasi (Yin et al., 2024). Tahap humifikasi merupakan periode kritis untuk polimerisasi humus secara masif (Gao et al., 2019), yang merupakan salah satu tahap yang memakan waktu lama selama pengomposan.



Gambar 2.

Penyuluhan dan pelatihan pengolahan limbah ternak ini sangat bermanfaat bagi masyarakat agar dapat menaikkan kualitas dan kuantitas tanaman hasil pertanian dan juga perekonomian di Desa Sambi. Hasil penyuluhan yaitu peningkatan pemahaman masyarakat tentang cara pengolahan limbah ternak menjadi pupuk yang benar. Proses pengomposan berakhir apabila kompos telah matang. Indikator kematangan untuk pupuk organik menetapkan bahwa pupuk organik harus memiliki tampilan yang seragam, berbentuk bubuk atau butiran, dan tidak berbau (Meng et al., 2020). Namun, metode ini sangat subjektif dan hanya memberikan indikasi kualitatif tentang kematangan kompos, sehingga tidak dapat menentukannya secara tepat. Dengan demikian, indikator evaluasi fisik menunjukkan subjektivitas yang signifikan, sehingga akurasi dan daya bandingnya rendah. Indikator kimia melibatkan pemantauan variasi komposisi atau sifat kimia selama proses pengomposan, terutama meliputi pH, konduktivitas listrik (EC), rasio karbon-nitrogen (C/N), dan rasio asam humat-asam fulvik (HA/FA) (Mukai & Oyanagi, 2021). Pupuk organik yang belum matang ditemukan memiliki efek yang lebih besar pada sifat-sifat tanah

daripada pupuk organik yang matang dan stabil (Mahapatra et al., 2022), Bahan organik hasil dari pengomposan dapat disebut sebagai pupuk organik apabila telah memenuhi persyaratan sebagai pupuk organik menurut Permrntan Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah. Pupuk kotoran sapi memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi N pupuk kandang yaitu 43,7% terhadap total produksi N pupuk kandang, sementara kambing dan domba bersama-sama menghasilkan sepertiga dari N pupuk kandang.

Tabel 1. Hasil wawancara awal kepada peserta penyuluhan pengelolaan limbah ternak

No	Nama	Pengolahan limbah ternak
1	Suwarno	Tidak diolah
2	Kimani	Tidak diolah
3	Jumiati	Tidak diolah
4	Giyatmi	Tidak diolah
5	Parni	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk
6	Nur Hayato	
7	Suyono	Tidak diolah
8	Saimin	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk
9	Hadiwiyono	Tidak diolah
10	Mujiman Aryo	Tidak diolah
11	Jono	Tidak diolah
12	Darso	Tidak diolah
13	Wajito	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk
14	Tri Wahyono	Tidak diolah
15	Suparno	Tidak diolah
16	Ngarno	Tidak diolah
17	Sugiono	Tidak diolah
18	Naryono	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk
19	Wardoyo	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk
20	Moko Siswowyoni	Tidak diolah
21	Suparni	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk
22	Budi Suwarno	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk
23	Wiwik Lestari	Tidak diolah
24	Suriyanto	Tidak diolah, langsung di gunakan untuk pupuk

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat berhasil meningkatkan pemahaman masyarakat Desa Sambi mengenai pengelolaan limbah ternak sebagai pupuk organik melalui proses pengomposan. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi sosialisasi, penyuluhan, dan pelatihan kepada mitra, yaitu BUMDes Sejahtera dan Kelompok Tani "Sumber Rejeki". Masyarakat menunjukkan antusiasme yang tinggi dan partisipasi aktif dalam kegiatan tersebut. Melalui penyuluhan dan pelatihan yang diberikan, masyarakat Desa Sambi mendapatkan pengetahuan tentang dampak negatif penggunaan pupuk kimia yang berlebihan serta manfaat pengomposan limbah ternak dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas pertanian. Selain itu, pelatihan pengomposan aerob yang dilakukan membantu masyarakat memahami tahapan proses pengomposan dan cara menerapkannya untuk menghasilkan pupuk organik yang berkualitas. Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam mendorong masyarakat Desa Sambi untuk memanfaatkan limbah ternak sebagai sumber pupuk organik, yang diharapkan dapat mendukung keberlanjutan pertanian dan meningkatkan perekonomian desa. Namun, masih diperlukan upaya lanjutan untuk memastikan penerapan

metode ini secara konsisten serta pemantauan kematangan dan kualitas pupuk organik yang dihasilkan sesuai dengan standar yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Alves, L. A., Denardin, L. G. de O., Martins, A. P., Anghinoni, I., Carvalho, P. C. de F., & Tiecher, T. (2019). Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. *Geoderma*, 351(April), 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.036>
- Amrul, N. F., Ahmad, I. K., Basri, N. E. A., Suja, F., Jalil, N. A. A., & Azman, N. A. (2022). A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability (Switzerland)*, 14(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su14084565>
- Bhattarai, B. (2015). Variation of Soil Microbial Population in Different Soil Horizons. *Journal of Microbiology & Experimentation*, 2(2), 75–78. <https://doi.org/10.15406/jmen.2015.02.00044>
- Bhunja, S., Bhowmik, A., Mallick, R., & Mukherjee, J. (2021). Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. *Agronomy*, 11(5), 1–25. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050823>
- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S., & Mathieu, J. (2019). Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0579-x>
- Boyhan, G. E., & Hill, C. R. (2008). Organic fertility sources for the production of short-day organic onion transplants. *HortTechnology*, 18(2), 227–231. <https://doi.org/10.21273/horttech.18.2.227>
- BPS. (2023a). *Banyaknya Ternak Besar menurut Kecamatan di Kabupaten Sragen, 2019-2021*. Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2023b). *Kepadatan Penduduk Kecamatan Sambirejo Menurut Desa Kelurahan, 2020-2023*. Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2023c). *Luasan lahan pertanian Sragen*. Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2023d). *Mata Pencaharian Sragen*. Badan Pusat Statistik.
- Chang, X., Fang, Y., Wang, Y., Wang, F., Shang, L., & Zhong, R. (2022). Microplastic pollution in soils, plants, and animals: A review of distributions, effects and potential mechanisms. *Science of the Total Environment*, 850(April), 157857. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157857>
- Checucci, A., Trevisi, P., Luise, D., Modesto, M., Blasioli, S., Braschi, I., & Mattarelli, P. (2020). Exploring the Animal Waste Resistome: The Spread of Antimicrobial Resistance Genes Through the Use of Livestock Manure. *Frontiers in Microbiology*, 11(July), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01416>
- Del Toro, J., & Wang, M. Te. (2021). Longitudinal Inter-relations between School Cultural Socialization and School Engagement among Urban Early Adolescents. *Journal of Youth and Adolescence*, 50(5), 978–991. <https://doi.org/10.1007/s10964-020-01377-w>
- Diacono, M., Persiani, A., Testani, E., Montemurro, F., & Ciaccia, C. (2019). Recycling agricultural wastes and by-products in organic farming: Biofertilizer production, yield performance and carbon footprint analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/su11143824>
- Ebong, G. A., Ettesam, E. S., & Dan, E. U. (2020). Impact of Abattoir Wastes on Trace Metal Accumulation, Speciation, and Human Health-Related Problems in Soils Within Southern Nigeria. *Air, Soil and Water Research*, 13. <https://doi.org/10.1177/1178622119898430>
- Estrella-González, M. J., Suárez-Estrella, F., Jurado, M. M., López, M. J., López-González, J. A., Siles-Castellano, A. B., Muñoz-Mérida, A., & Moreno, J. (2020). Uncovering new indicators to predict stability, maturity and biodiversity of compost on an industrial scale. *Bioresource Technology*, 313(March), 123557. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123557>
- Galitskaya, P., Biktasheva, L., Saveliev, A., Grigoryeva, T., Boulygina, E., & Selivanovskaya, S.

- (2017). Fungal and bacterial successions in the process of co-composting of organic wastes as revealed by 454 pyrosequencing. *PLoS ONE*, 12(10), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186051>
- Gao, X. L., Li, X. G., Zhao, L., & Kuzyakov, Y. (2019). Regulation of soil phosphorus cycling in grasslands by shrubs. *Soil Biology and Biochemistry*, 133, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.02.012>
- Han, J., Dong, Y., & Zhang, M. (2021). Chemical fertilizer reduction with organic fertilizer effectively improve soil fertility and microbial community from newly cultivated land in the Loess Plateau of China. *Applied Soil Ecology*, 165(26), 103966. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103966>
- Honorato, A. da C., de Assis, R. M. A., Maciel, J. F. A., Nohara, G. A., de Carvalho, A. A., Pinto, J. E. B. P., & Bertolucci, S. K. V. (2024). Fertilization with different manure sources and doses provides quantitative-qualitative gains in the production of *Thymus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, 164(2024), 345–355. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.052>
- Li, P., Li, Y., Xu, L., Zhang, H., Shen, X., Xu, H., Jiao, J., Li, H., & Hu, F. (2021). Crop yield-soil quality balance in double cropping in China's upland by organic amendments: A meta-analysis. *Geoderma*, 403(1), 115197. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115197>
- Liang, Y., Al-Kaisi, M., Yuan, J., Liu, J., Zhang, H., Wang, L., Cai, H., & Ren, J. (2021). Effect of chemical fertilizer and straw-derived organic amendments on continuous maize yield, soil carbon sequestration and soil quality in a Chinese Mollisol. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 314(May 2020), 107403. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107403>
- Liu, B., Xia, H., Jiang, C., Riaz, M., Yang, L., Chen, Y., Fan, X., & Xia, X. (2022). 14 year applications of chemical fertilizers and crop straw effects on soil labile organic carbon fractions, enzyme activities and microbial community in rice-wheat rotation of middle China. *Science of the Total Environment*, 841(June), 156608. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156608>
- Mahapatra, S., Ali, M. H., & Samal, K. (2022). Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin. *Energy Nexus*, 6(March), 100062. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100062>
- Manogaran, M. D., Shamsuddin, R., Mohd Yusoff, M. H., Lay, M., & Siyal, A. A. (2022). A review on treatment processes of chicken manure. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 2(May). <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2022.100013>
- Mbatha, K. C., McHunu, C. N., Mavengahama, S., & Ntuli, N. R. (2021). Effect of poultry and goat manures on the nutrient content of sesamum alatum leafy vegetables. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(24). <https://doi.org/10.3390/app112411933>
- Meng, X., Yan, J., Zuo, B., Wang, Y., Yuan, X., & Cui, Z. (2020). Full-scale of composting process of biogas residues from corn stover anaerobic digestion: Physical-chemical, biology parameters and maturity indexes during whole process. *Bioresource Technology*, 302(December 2019), 122742. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122742>
- Morero, B., Montagna, A. F., Campanella, E. A., & Cafaro, D. C. (2020). Optimal process design for integrated municipal waste management with energy recovery in Argentina. *Renewable Energy*, 146, 2626–2636. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.085>
- Mukai, S., & Oyanagi, W. (2021). Evaluation on maturity and stability of organic fertilisers in semi-arid Ethiopian Rift Valley. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83611-4>
- Neher, D. A., Weicht, T. R., Bates, S. T., Leff, J. W., & Fierer, N. (2013). Changes in bacterial and fungal communities across compost recipes, preparation methods, and composting times. *PLoS ONE*, 8(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079512>
- Qu, Y., Qu, J., Yan, W., Yue, T., Zhang, Q., Yi, W., Liu, X., & Sun, Y. (2022). Influence of Biochar on Physico-Chemical, Microbial Community and Maturity during Biogas Residue Aerobic Composting Process. *Fermentation*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/fermentation8110623>
- Ridley, C. R., Mollen, D., Console, K., & Yin, C. (2021). Multicultural Counseling Competence: A

- Construct in Search of Operationalization. *Counseling Psychologist*, 49(4), 504–533. <https://doi.org/10.1177/0011000020988110>
- Sharma, B., Vaish, B., Monika, Singh, U. K., Singh, P., & Singh, R. P. (2019). Recycling of Organic Wastes in Agriculture: An Environmental Perspective. *International Journal of Environmental Research*, 13(2), 409–429. <https://doi.org/10.1007/s41742-019-00175-y>
- Shine, A. E., Mamo, M., Abagandura, G. O., Schacht, W., & Volesky, J. (2022). Temporal changes in the nutrient content of cattle dung in the Nebraska Sandhills ecosystem. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 124(3), 407–422. <https://doi.org/10.1007/s10705-022-10246-w>
- Sorathiya, L. M., Fulsoundar, A. B., Tyagi, K. K., Patel, M. D., & Singh, R. R. (2014). Eco-friendly and modern methods of livestock waste recycling for enhancing farm profitability. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0050-6>
- Sun, Y., Shaheen, S. M., Ali, E. F., Abdelrahman, H., Sarkar, B., Song, H., Rinklebe, J., Ren, X., Zhang, Z., & Wang, Q. (2022). Enhancing microplastics biodegradation during composting using livestock manure biochar. *Environmental Pollution*, 306(April). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119339>
- Truckell, I. G., Shah, S. H., Baillie, I. C., Hallett, S. H., & Sakrabani, R. (2019). Soil and transport factors in potential distribution systems for biofertilisers derived from palm oil mill residues in Malaysia. *Computers and Electronics in Agriculture*, 166(August), 105005. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105005>
- Wang, M., Awasthi, M. K., Wang, Q., Chen, H., Ren, X., Zhao, J., Li, R., & Zhang, Z. (2017). Comparison of additives amendment for mitigation of greenhouse gases and ammonia emission during sewage sludge co-composting based on correlation analysis. *Bioresource Technology*, 243, 520–527. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.158>
- Wang, Y., Liu, L., Yang, J., Duan, Y., Luo, Y., Taherzadeh, M. J., Li, Y., Li, H., Awasthi, M. K., & Zhao, Z. (2020). The diversity of microbial community and function varied in response to different agricultural residues composting. *Science of the Total Environment*, 715, 136983. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136983>
- Wu, L., Jiang, Y., Zhao, F., He, X., Liu, H., & Yu, K. (2020). Increased organic fertilizer application and reduced chemical fertilizer application affect the soil properties and bacterial communities of grape rhizosphere soil. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66648-9>
- Xie, S., Tran, H. T., Pu, M., & Zhang, T. (2023). Transformation characteristics of organic matter and phosphorus in composting processes of agricultural organic waste: Research trends. *Materials Science for Energy Technologies*, 6, 331–342. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2023.02.006>
- Xie, Y., Wang, F., Wang, K., Yue, H., & Lan, X. (2020). Responses of bacterial phoD gene abundance and diversity to crop rotation and feedbacks to phosphorus uptake in wheat. *Applied Soil Ecology*, 154(November 2019), 103604. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103604>
- Yadav, S. K., Babu, S., Yadav, M. K., Singh, K., Yadav, G. S., & Pal, S. (2013). A Review of Organic Farming for Sustainable Agriculture in Northern India. *International Journal of Agronomy*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/718145>
- Yang, S., Xiao, Y., Xu, J., & Liu, X. (2018). Effect of straw return on soil respiration and NEE of paddy fields under water-saving irrigation. *PLoS ONE*, 13(10), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204597>
- Yin, J., Xie, M., Yu, X., Feng, H., Wang, M., Zhang, Y., & Chen, T. (2024). A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. *Environmental Pollution*, 342(December 2023), 123125. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123125>
- Zhang, B., Xu, Z., Jiang, T., Huda, N., Li, G., & Luo, W. (2020). Gaseous emission and maturity in composting of livestock manure and tobacco wastes: Effects of aeration intensities and mitigation by physiochemical additives. *Environmental Technology and Innovation*, 19,

100899. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100899>

- Zhu, P., Wu, Y., Ru, Y., Hou, Y., San, K. W., Yu, X., & Guo, W. (2022). Industrial-scale aerobic composting of livestock manures with the addition of biochar: Variation of bacterial community and antibiotic resistance genes caused by various composting stages. *Environmental Pollution*, 314(September), 120270. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120270>