

Pemberdayaan Masyarakat Desa Bintoyo melalui Pengolahan Limbah Kotoran Sapi menjadi Mikroorganisme Lokal (MOL) untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan

Anita Solihatul Wahidah¹, Putri Yuliani², Nur Wafiq Azizah³

^{1,2,3} Institut Agama Islam (IAI) Ngawi

Email: anitawahidah882@gmail.com, poetry11@gmail.com, nurwafiqazizah87@gmail.com

Abstract

Integrating livestock and crop farming at the village level is a practical path toward sustainable agriculture, yet cattle manure is still often treated as waste. This community service program aimed to empower residents of Bintoyo Village, Padas District, Ngawi Regency, by processing cattle manure into indigenous microorganisms (IMO/MOL) to support sustainable rice cultivation. The village has a farming-dominated population, strong mutual cooperation (gotong royong), a village fertilizer storehouse, and experienced cattle-fattening farmers as key partners. A participatory approach was applied, including initial observation, in-depth interviews, partner coordination, training and demonstrations, field mentoring, and simple evaluation. MOL was produced through anaerobic fermentation of cattle urine and manure combined with fruit and vegetable waste, banana stumps, bamboo shoots, rice-washing water, molasses, coconut water, brown sugar, and shrimp paste for 7–14 days. Maturity was indicated by a sweet-sour, tape-like aroma, a stable dark brown color, and no putrefaction. MOL was applied diluted on leaves or soil every 1–2 weeks and can serve as a compost starter. This activity shows potential to reduce chemical fertilizer dependence and barn waste while strengthening farmers' capacity in integrated livestock–crop systems.

Keywords: *indigenous microorganisms, cattle manure, rice, sustainable agriculture*

Abstrak

Integrasi usaha ternak dan tanaman di tingkat desa merupakan jalan menuju pertanian berkelanjutan, namun kotoran sapi masih sering dianggap limbah. Pengabdian ini bertujuan memberdayakan masyarakat Desa Bintoyo, Kecamatan Padas, Kabupaten Ngawi, melalui pengolahan kotoran sapi menjadi mikroorganisme lokal (MOL) untuk mendukung budidaya padi berkelanjutan. Desa ini memiliki mayoritas penduduk petani, tradisi gotong royong yang kuat, lumbung pupuk desa, dan peternak sapi penggemukan berpengalaman sebagai mitra. Metode partisipatif meliputi observasi, wawancara, koordinasi mitra, pelatihan dan demonstrasi, pendampingan lapangan, serta evaluasi sederhana. MOL dibuat dari fermentasi anaerobik urin dan kotoran sapi dengan bahan tambahan seperti limbah buah dan sayuran, bonggol pisang, rebung bambu, air leri, tetes tebu, air kelapa, gula merah, dan terasi selama 7–14 hari. Kematangan ditandai dengan aroma asam-manis seperti tape, warna cokelat kehitaman yang stabil, dan tanpa pembusukan. MOL diaplikasikan dengan pengenceran pada daun atau tanah setiap 1–2 minggu dan dapat menjadi starter kompos. Kegiatan ini berpotensi mengurangi penggunaan pupuk kimia dan limbah kandang, serta memperkuat kapasitas petani dalam integrasi ternak–tanaman.

Kata kunci: *MOL, kotoran sapi, padi, pertanian berkelanjutan*

Pendahuluan

Pertanian berkelanjutan menuntut sistem produksi yang mampu menjaga hasil panen sekaligus memelihara kesuburan tanah dan kualitas lingkungan. Penggunaan

pupuk kimia secara terus-menerus dan berlebihan terbukti berkaitan dengan inefisiensi hara dan tekanan terhadap lingkungan (Rahman & Zhang, 2018), sehingga banyak kajian mendorong redesain sistem pertanian yang bertumpu pada proses biologis dan pemanfaatan bahan organik (Pretty et al., 2018; Reganold & Wachter, 2016). Di sisi lain, sektor peternakan menghasilkan limbah dalam jumlah besar yang bila tidak dikelola dapat menjadi sumber pencemaran dan emisi gas rumah kaca, tetapi bila dikelola dengan baik dapat menjadi sumber hara bagi tanaman (Herrero et al., 2016). Integrasi ternak dan tanaman, yaitu limbah ternak kembali ke lahan sebagai pupuk, karenanya menjadi pendekatan yang logis dan murah bagi desa agraris.

Bahan organik seperti pupuk kandang terbukti meningkatkan kesuburan tanah dan hasil tanaman dibandingkan pupuk sintetis semata (Cai et al., 2019). Pada pertanaman padi, penggunaan pupuk organik juga berpengaruh terhadap kondisi tanah di zona perakaran (Lin et al., 2019), sedangkan kandungan bahan organik tanah berkaitan erat dengan produktivitas tanaman (Lal, 2020). Fungsi tanah yang sehat sangat bergantung pada struktur tanah dan komunitas mikrobiomnya (Hartmann & Six, 2023). Mikroorganisme yang bermanfaat juga dikenal berperan dalam penyediaan hara dan pemacu pertumbuhan tanaman (Backer et al., 2018).

Salah satu teknologi sederhana untuk memanfaatkan peran mikroba tersebut adalah Mikroorganisme Lokal (MOL), yaitu larutan hasil fermentasi bahan organik yang mengandung beragam mikroba dan nutrisi, dibuat dari bahan yang tersedia di sekitar petani. Sejumlah kegiatan pengabdian di Indonesia telah memperkenalkan MOL kepada petani dan kader sebagai pupuk organik yang murah dan ramah lingkungan melalui ceramah dan demonstrasi (Koeshardjono et al., 2023).

Desa Bintoyo, Kecamatan Padas, Kabupaten Ngawi, memiliki karakteristik yang mendukung penerapan teknologi tersebut. Hasil observasi awal menunjukkan bahwa 90–100% penduduk berprofesi sebagai petani. Sebelum adanya waduk, lahan dimanfaatkan untuk padi dan palawija seperti tembakau, kacang tanah, dan jagung; setelah air tersedia, budidaya padi berkembang pesat. Desa ini juga memiliki tempat persediaan pupuk (lumbung pupuk) yang digunakan untuk pembuatan pupuk MOL, antara lain dari bonggol pisang yang diproses sekitar satu minggu. Di samping itu, terdapat peternak sapi penggemukan berpengalaman sejak 2004 yang menjadikan peternakan sebagai usaha utama keluarga. Kombinasi antara ketersediaan limbah

sapi, lahan padi, dan fasilitas lumbung pupuk menunjukkan peluang nyata bagi integrasi ternak–tanaman.

Meskipun demikian, kotoran padat dan limbah kandang pada dasarnya merupakan hasil kegiatan harian yang harus dibersihkan setiap pagi, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan bernilai tambah belum optimal. Norma kebersihan lingkungan desa juga menuntut penataan limbah dan bahan seperti jerami agar tidak menumpuk di area depan rumah. Selain itu, ternak menghadapi risiko kesehatan seperti Penyakit Mulut dan Kuku (PMK) yang berdampak pada penghidupan peternak kecil (Knight-Jones et al., 2017), sehingga kebersihan kandang dan pengelolaan limbah menjadi bagian dari upaya menjaga kesehatan ternak. Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan (1) memetakan potensi dan praktik penggemukan sapi di Desa Bintoyo, (2) melatih dan mendampingi petani mengolah limbah kotoran dan urin sapi menjadi MOL, dan (3) mengenalkan pemanfaatan MOL pada budidaya padi untuk mendukung pertanian berkelanjutan.

Metode

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Desa Bintoyo, Kecamatan Padas, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Sasaran kegiatan adalah peternak sapi penggemukan sebagai mitra utama, kelompok tani desa (Sido Makmur, Sido Mudi, dan Sido Subur), serta warga yang terlibat dalam budidaya padi. Pendekatan yang digunakan adalah pemberdayaan partisipatif, yaitu mitra dilibatkan sejak identifikasi masalah hingga evaluasi, sementara tim peneliti ikut mendampingi seluruh proses di lapangan.

Pelaksanaan dilakukan melalui lima tahap. **Pertama**, observasi dan identifikasi potensi, berupa wawancara dengan peternak utama dan tokoh desa, pengamatan kandang, dan penelusuran profil sosial-budaya desa. **Kedua**, koordinasi mitra dan perencanaan, yaitu penentuan waktu, tempat, peserta, bahan, dan peralatan bersama peternak dan kelompok tani. **Ketiga**, pelatihan dan demonstrasi pembuatan MOL dari limbah kotoran dan urin sapi. **Keempat**, pendampingan fermentasi dan aplikasi pada tanaman padi, termasuk pemantauan indikator kematangan MOL. **Kelima**, evaluasi sederhana dan dokumentasi melalui pengamatan partisipasi, diskusi, serta foto dan video kegiatan.

Tabel 1. Ringkasan tahapan kegiatan

Tahap	Kegiatan	Keluaran
1. Observasi	Wawancara, pengamatan kandang dan lahan, pemetaan potensi	Profil desa dan peternak mitra
2. Koordinasi	Penentuan jadwal, peserta, bahan, dan peralatan	Rencana pelaksanaan
3. Pelatihan	Pemaparan materi dan demonstrasi pembuatan MOL	Keterampilan peserta
4. Pendampingan	Fermentasi 7–14 hari dan aplikasi pada padi	MOL matang dan praktik aplikasi
5. Evaluasi	Pengamatan partisipasi, diskusi, dokumentasi	Umpan balik dan tindak lanjut

Bahan yang digunakan meliputi urin dan kotoran sapi, limbah atau buah-buahan busuk, sayuran, bonggol pisang, rebung bambu, air leri, tetes tebu (molase), air kelapa, gula merah, dan terasi. Peralatan meliputi ember atau drum anaerob, aerator atau penyalur gas, pisau pencacah, saringan, pengaduk, dan wadah penyimpanan. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara, dan dokumentasi, kemudian dianalisis secara deskriptif-kualitatif.

Hasil dan Pembahasan

3.1. Profil Sosial-Budaya dan Potensi Desa Bintoyo

Nama Bintoyo menurut cerita setempat berasal dari pohon sambi yang berisi air (*toyo*). Warga menjaga tradisi bersih desa atau nyadranan setahun sekali pada bulan Suro di punden, serta labuhan atau sedekah bumi (*methil*) tiga kali setahun menjelang panen yang diatur bersama kelompok tani dan diisi dengan ambengan (makan bersama). Kegiatan keagamaan dan kemasyarakatan seperti yasinan, bancaan, perkumpulan Muslimat, hadroh, dan tarian anak sekolah dasar juga berjalan rutin. Seluruh warga berada dalam satu naungan organisasi kemasyarakatan Nahdlatul Ulama, sehingga struktur sosial relatif homogen dan koordinasi kegiatan dapat dilakukan melalui jalur kelembagaan yang sudah dikenal.

Desa juga memiliki norma kebersihan dan estetika lingkungan: pakaian dijemur di belakang rumah, jerami tidak boleh ditumpuk sembarangan di area depan, dan

bangunan menghadap jalan dengan teras. Pelanggar ditegur; jika berulang, tumpukan seperti jerami dapat dibakar demi kebersihan. Norma ini penting bagi program karena pengolahan limbah ternak menjadi MOL sejalan dengan nilai menjaga lingkungan yang sudah dianut warga, dan pengelolaan limbah terpusat dalam wadah tertutup lebih diterima dibandingkan penumpukan terbuka.

Dari sisi ekonomi, 90–100% penduduk berprofesi sebagai petani. Ketersediaan air setelah dibangunnya waduk mendorong budidaya padi berkembang pesat. Pembangunan jalan paving dan bantuan bedah rumah juga menunjukkan adanya dukungan terhadap pembangunan desa. Keberadaan lumbung pupuk desa untuk pembuatan MOL merupakan modal kelembagaan yang berharga, karena fasilitas dan kebiasaan membuat MOL (misalnya dari bonggol pisang) sudah ada dan tinggal diperluas dengan bahan baku dari limbah sapi.

3.2. Penggemukan Sapi sebagai Sumber Bahan Baku

Mitra utama kegiatan adalah peternak yang bergelut di bidang sapi sejak 2004, dimulai dari 1–2 ekor sejak masa sekolah menengah pertama dan berkembang menjadi usaha mandiri. Motivasi usahanya adalah minat sejak kecil dan pandangan bahwa peternakan sapi merupakan prospek ekonomi utama keluarga jika dikelola dengan tekun. Usaha ini berorientasi pada penggemukan, pembibitan, dan penyediaan sapi bagi peternak lain. Siklus pemeliharaan berbeda menurut kelas ternak: pedet dipelihara sekitar 6–12 bulan sebelum dijual, sedangkan sapi bakalan berumur 1,5–2 tahun digemukkan lebih singkat, sekitar 4–5 bulan.

Jenis sapi yang dipelihara beragam, yaitu Simental, Limousin, Peranakan Ongole (PO), Belgian Blue, sapi Jawa, Brahman, serta persilangannya. Bakalan dan pedet dibeli dari pasar hewan di Nganjuk, Bojonegoro, dan Ngawi. Peternak memiliki pengetahuan lokal untuk menilai sapi, misalnya istilah *Limousin murni* untuk sapi berwarna merah seluruh tubuh tanpa bercak putih, *Limousin sinetron* untuk Limousin dengan bercak putih, dan *PO crossing Limousin* yang bercirikan Limousin dengan hidung tetap hitam. Penilaian akhir mempertimbangkan umur, kesehatan, kualitas fisik, dan postur tubuh.

Manajemen harian dimulai sekitar pukul 06.30–07.00 WIB dengan lima kegiatan: membersihkan kotoran padat dan membuang limbah, mencuci tempat

pakan dan minum, menyiram dan membersihkan lantai kandang, memandikan sapi, lalu memberi pakan awal. Pakan pagi berupa komboran (*demen*) dan pakan sore berupa hijauan (*jujuran*), dengan komposisi hijauan dan konsentrat seperti pollard, bekatul, dan jagung giling. Saat harga polard naik, peternak menyesuaikan rasio dengan mencampur bekatul dan jagung giling untuk menjaga biaya operasional. Praktik ini memperlihatkan kemampuan adaptif peternak dalam mengelola biaya, dan secara langsung menunjukkan bahwa kotoran serta urin dihasilkan secara rutin setiap hari sehingga pasokan bahan baku MOL relatif kontinu.

Dalam aspek kesehatan, peternak mencatat gangguan seperti PMK, demam, kembung atau tertelan sampah plastik, benjolan kulit, dan nyeri kaki. Perawatan luka luar dan mulut dilakukan dengan antiseptik dan pembersihan rutin, sedangkan pencegahan dilakukan melalui pemeriksaan berkala bersama petugas kesehatan hewan dinas kabupaten dan vaksinasi berkala. Menurut peternak, vaksinasi hingga tiga kali dapat menurunkan risiko penularan PMK hingga sekitar 60%; angka ini merupakan pengalaman informan dan belum diverifikasi dalam kegiatan ini. Peternak juga menyebut pemberian obat penurun panas manusia sebagai pertolongan pertama darurat sebelum petugas tiba. Praktik ini dicatat sebagai pengetahuan lokal, bukan sebagai rekomendasi; tim menekankan bahwa penanganan penyakit ternak, termasuk dosis obat, harus dikonsultasikan kepada dokter hewan atau petugas kesehatan hewan. Kebersihan kandang yang baik, termasuk pengelolaan limbah menjadi MOL, mendukung upaya pencegahan tersebut.



Gambar 1. Pendampingan Manajemen Penggemukan Sapi

3.3. Pengolahan Limbah Kotoran dan Urin Sapi menjadi MOL

Pelatihan MOL dilakukan dengan pemaparan singkat tentang konsep dan

manfaat MOL, dilanjutkan demonstrasi bersama peternak dan anggota kelompok tani. Metode ceramah dan demonstrasi sejalan dengan kegiatan serupa yang dilaporkan efektif untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani membuat MOL (Koeshardjono et al., 2023). Proses pembuatan MOL dalam kegiatan ini dapat diringkas sebagai berikut.

Tabel 2. Bahan dan fungsi dalam formulasi MOL

Kelompok bahan		Contoh	Fungsi
Bahan utama	organik	Urin dan kotoran sapi, buah busuk, sayuran, bonggol pisang, rebung bambu	Sumber hara dan inokulum mikroba
Nutrisi mikroba		Tetes tebu (molase), gula merah, air leri	Sumber karbon/energi bagi mikroba
Aktivator alami		Air kelapa, terasi	Merangsang pertumbuhan mikroba

Bahan dicacah, dicampur dengan cairan, lalu dimasukkan ke wadah tertutup (ember atau drum) untuk difermentasi secara anaerobik selama 7–14 hari. Gas hasil fermentasi dilepaskan secara berkala atau dibantu aerator agar wadah tidak menggembung. Kematangan MOL dinilai melalui tiga indikator sensori: (1) aroma berubah dari bau pesing atau busuk menyengat menjadi asam-manis segar seperti tape; (2) warna cokelat kehitaman yang stabil; dan (3) bebas dari tanda pembusukan liar. Indikator sederhana ini penting karena dapat digunakan oleh petani tanpa peralatan laboratorium dan mengurangi risiko penggunaan MOL yang gagal fermentasi.

Secara konseptual, fermentasi mengubah limbah segar yang berbau menjadi larutan yang kaya mikroba dan nutrisi. Manfaat mikroba bagi tanaman antara lain berkaitan dengan peningkatan ketersediaan hara dan stimulasi pertumbuhan (Backer et al., 2018). Perlu dicatat bahwa kegiatan ini menilai kematangan MOL secara organoleptik dan belum melakukan uji laboratorium terhadap kandungan hara maupun populasi mikroba; karena itu klaim manfaat dalam artikel ini bersifat indikatif dan perlu diperkuat dengan analisis kuantitatif pada tahap lanjutan.



Gambar 2. Bahan Pembuatan Pupuk



Gambar 3. Koordinasi sebelum pembuatan pupuk

3.4. Pemanfaatan MOL pada Budidaya Padi

MOL diaplikasikan dengan pengenceran air, kemudian disemprotkan ke daun atau disiramkan ke media tanah atau area perakaran dengan interval 1–2 minggu sekali. Produk yang sama dapat dipakai sebagai starter komposter untuk mempercepat dekomposisi bahan organik, termasuk kotoran dan jerami. MOL cocok untuk padi, jagung, hortikultura, buah, hingga tanaman hias, tetapi pada program ini fokus aplikasi diarahkan pada padi karena merupakan komoditas utama desa.

Manfaat utama yang diharapkan adalah mempercepat penguraian bahan organik di tanah, meningkatkan populasi bakteri bermanfaat, dan menekan ketergantungan pada pupuk kimia. Harapan ini sejalan dengan temuan bahwa pupuk kandang dapat memperbaiki kesuburan tanah dan hasil tanaman (Cai et al., 2019), serta bahwa pemberian pupuk organik mengubah kondisi tanah di zona perakaran padi (Lin et al., 2019). Praktik ini juga sejalan dengan arah pertanian berkelanjutan yang mengurangi input sintetis dan memperkuat daur hara di tingkat usaha tani (Pretty et al., 2018; Reganold & Wachter, 2016).

Satu catatan kehati-hatian perlu disampaikan. Pada sawah tergenang, masukan bahan organik segar dapat meningkatkan emisi metana (Jiang et al., 2019). Oleh sebab itu, MOL sebaiknya digunakan dalam jumlah terukur dan dikombinasikan dengan pengelolaan air serta bahan organik yang sudah terfermentasi, bukan sebagai pengganti seluruh praktik agronomi. Pengujian pengurangan dosis pupuk kimia secara bertahap pada petak percobaan juga disarankan agar petani dapat menilai pengaruhnya pada hasil secara langsung. Pada tahap ini, data hasil panen dan penghematan biaya [diisi bila tersedia: luas lahan, jumlah petak, hasil gabah, biaya pupuk] belum diperoleh secara sistematis, sehingga dampak produktivitas belum dapat disimpulkan.



Gambar 4. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Pada Lahan Padi

3.5. Pemberdayaan Masyarakat, Tantangan, dan Keberlanjutan

Dari sisi pemberdayaan, kegiatan ini memanfaatkan modal sosial desa: struktur kelompok tani, tradisi gotong royong dalam sedekah bumi, keberadaan lumbung pupuk, dan pengalaman peternak. Pendekatan ini mengarah pada penguatan kapasitas petani untuk mengolah sendiri limbah menjadi sumber daya, bukan sekadar menerima bantuan produk. Pendampingan oleh peneliti sepanjang proses lapangan membantu memastikan teknik dan indikator kematangan MOL dapat dipraktikkan ulang secara mandiri. Keterlibatan peternak berpengalaman juga berpotensi menjadikannya penggerak (*champion*) yang menularkan praktik kepada peternak dan petani lain, karena ia juga memasok bakalan dan bibit bagi peternak lain.

Tantangan yang diidentifikasi meliputi: (1) konsistensi proses fermentasi, karena kegagalan menimbulkan bau busuk dan kontaminasi; (2) keterbatasan waktu petani yang sibuk bekerja di kandang dan sawah; (3) belum adanya data kuantitatif mutu MOL dan dampaknya pada hasil padi; serta (4) kebutuhan pengelolaan limbah kandang yang tertata sesuai norma kebersihan desa. Untuk keberlanjutan, tim mengusulkan penyusunan panduan sederhana dan poster formulasi serta indikator kematangan MOL, pemanfaatan lumbung pupuk desa sebagai pusat produksi bersama, pembentukan jadwal piket produksi di bawah kelompok tani, uji petak sederhana untuk membandingkan perlakuan, serta kerja sama dengan penyuluh pertanian dan petugas kesehatan hewan kabupaten. Model integrasi ternak–tanaman ini juga selaras dengan upaya mitigasi dampak lingkungan sektor peternakan melalui pengelolaan limbah yang lebih baik (Herrero et al., 2016).

Kesimpulan

Kegiatan pemberdayaan di Desa Bintoyo menunjukkan bahwa tiga komponen usaha tani desa, yaitu penggemukan sapi, pengolahan limbah menjadi MOL, dan budidaya padi, dapat dihubungkan dalam satu sistem terpadu. Limbah kotoran dan urin sapi yang dihasilkan setiap hari dapat diolah menjadi MOL melalui fermentasi anaerobik selama 7–14 hari dengan indikator kematangan yang mudah dikenali petani, lalu diaplikasikan pada padi dengan interval 1–2 minggu. Modal sosial desa, lumbung pupuk, dan peternak berpengalaman menjadi faktor pendukung keberlanjutan. Namun, dampak MOL terhadap mutu tanah, hasil padi, dan penghematan biaya pupuk belum terukur, sehingga diperlukan uji laboratorium dan percobaan lapang pada tahap lanjutan, serta pendampingan dan penguatan kelembagaan kelompok tani.

Pengakuan/Acknowledgements

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Desa Bintoyo, peternak mitra, kelompok tani Sido Makmur, Sido Mudi, dan Sido Subur, warga Desa Bintoyo, Dosen Pembimbing Lapangan, LPPM IAI Ngawi, serta seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini.

Daftar Referensi

- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1473.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Cai, A., Xu, M., Wang, B., Zhang, W., Liang, G., Hou, E., & Luo, Y. (2019). Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility. *Soil and Tillage Research*, 189, 168–175.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.022>
- Hartmann, M., & Six, J. (2023). Soil structure and microbiome functions in agroecosystems. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4, 4–18.
<https://doi.org/10.1038/s43017-022-00366-w>
- Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P., Thornton, P. K., Conant, R. T., Smith, P., et al. (2016). Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*, 6, 452–461.
<https://doi.org/10.1038/nclimate2925>
- Jiang, Y., van Groenigen, K. J., Huang, S., Hungate, B. A., van Kessel, C., Hu, S., et al. (2019). Acclimation of methane emissions from rice paddy fields to straw

addition. *Science Advances*, 5(1), eaau9038.

<https://doi.org/10.1126/sciadv.aau9038>

Knight-Jones, T. J. D., McLaws, M., & Rushton, J. (2017). Foot-and-mouth disease impact on smallholders: What do we know, what don't we know and how can we find out more? *Transboundary and Emerging Diseases*, 64(4), 1079–1094.

<https://doi.org/10.1111/tbed.12507>

Koeshardjono, R. H., Sulistyowati, R., Hartanti, A., Hamidun, H., Hikam, R., Utami, L., Wulandari, L., & Sari, E. N. (2023). Optimalisasi pemanfaatan MOL (mikroorganisme lokal) nasi basi sebagai pupuk organik ramah lingkungan. *INTEGRITAS: Jurnal Pengabdian*, 7(2), 364–373.

<https://doi.org/10.36841/integritas.v7i2.3491>

Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 27A–32A. <https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.27A>

Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z., & Lin, W. (2019). The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in two cropping systems of rice. *PLoS ONE*, 14(5), e0217018.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217018>

Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., et al. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1, 441–446.

<https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>

Rahman, K. M. A., & Zhang, D. (2018). Effects of fertilizer broadcasting on the excessive use of inorganic fertilizers and environmental sustainability. *Sustainability*, 10(3), 759. <https://doi.org/10.3390/su10030759>

Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2, 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>