



Fermentasi Limbah Kotoran Sapi menjadi Pupuk Organik, Solusi Peningkatan Sirkular Ekonomi bagi Peternak Sapi

Kusmiyati^{1*}, Sigit Muryanto², Mahmud³, Farrikh Alzami⁴, Risky Yuniar Rahmadieni⁵

Kata Kunci:

Fermentasi;
Pupuk organik;
Kotoran hewan (Kohe);
Peternak sapi;
Ekonomi sirkular

Keywords:

Fermentation;
Organic fertilizer;
Animal manure (Kohe);
Cattle farmers;
Circular economy

Corespondensi Author

¹Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik,
Universitas Dian Nuswantoro
Jl. Imam Bonjol No.207, Semarang
Email: kusmiyati@dsn.dinus.ac.id

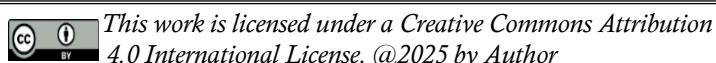
Article History

Received: 21-08-2025;
Reviewed: 28-10-2025;
Accepted: 25-11-2025;
Available Online: 18-12-2025;
Published: 28-12-2025.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas peternak dan petani kopi di Desa Banyuanyar, Boyolali, dalam mengolah limbah padat kotoran sapi (kohe) menjadi pupuk organik berkualitas melalui proses fermentasi yang benar. Pelatihan dilaksanakan untuk menjawab permasalahan pemanfaatan kohe mentah yang selama ini kurang efektif, berisiko menimbulkan polusi lingkungan, serta berpotensi menyebabkan keracunan NH₃ dan NH₄ pada tanaman akibat proses dekomposisi yang tidak terkendali. Metode kegiatan meliputi pemaparan materi, praktik langsung, dan pendampingan lapangan. Proses fermentasi dilakukan menggunakan bahan utama kohe, bekatul, gula pasir, kapur dolomit, probiotik MA11, dan MOL lokal. Peralatan pendukung seperti pengukur suhu, pH, dan kelembapan digunakan untuk memastikan kondisi fermentasi berada pada kisaran optimal. Monitoring rutin dilakukan selama proses berlangsung untuk menjaga kualitas dan konsistensi produk. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman dan keterampilan peternak mengenai teknik fermentasi, kendali proses, serta penanganan pascapanen hingga pengemasan produk. Peternak mampu menghasilkan pupuk organik fermentasi dengan kandungan nutrisi lebih baik, bau lebih rendah, dan lebih aman bagi tanaman dibandingkan kohe mentah. Simpulannya, pelatihan fermentasi kohe berhasil meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan limbah ternak, menghasilkan produk pupuk organik yang bermanfaat bagi peningkatan produktivitas tanaman kopi, serta membuka peluang usaha baru yang berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan ekonomi lokal.

Abstract. This study aims to enhance the capacity of livestock farmers and coffee growers in Banyuanyar Village, Boyolali, in converting solid cattle manure (kohe) into high-quality organic fertilizer through proper fermentation techniques. The training program was designed to address issues related to the direct use of raw manure, which is often ineffective, poses environmental pollution risks, and may cause NH₃ and NH₄ toxicity in plants due to uncontrolled decomposition. The activities involved a combination of lectures, hands-on practice, and

on-site mentoring. The fermentation process utilized key materials including cattle manure, rice bran, sugar, dolomite, MA11 probiotics, and locally produced MOL. Supporting equipment such as temperature, pH, and moisture meters was used to ensure that fermentation conditions remained within the optimal range. Routine monitoring was conducted throughout the process to maintain product quality and consistency. The results show a significant improvement in farmers' understanding and technical skills related to fermentation procedures, process control, post-harvest handling, and product packaging. Participants were able to produce fermented organic fertilizer with higher nutrient content, reduced odor, and better safety for plant application compared with raw manure. In conclusion, the fermentation training program successfully strengthened the community's capacity in livestock waste management, resulting in organic fertilizer that enhances coffee crop productivity while creating new economic opportunities and contributing to improved local livelihoods.



PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, sektor pertanian menghadapi tantangan serius terkait pengelolaan limbah organik dan penerapan praktik budidaya berkelanjutan. Salah satu sumber daya yang berpotensi besar namun masih kurang dimanfaatkan adalah kotoran hewan sapi (kohe), yang di banyak wilayah masih dianggap sebagai limbah yang menimbulkan gangguan sanitasi dan pencemaran udara. Padahal, dengan proses fermentasi yang tepat, kohe dapat diolah menjadi pupuk organik berkualitas tinggi yang mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, dan menyediakan unsur hara secara lebih stabil dibandingkan kohe mentah (Arunkumar & Thippeshappa, 2022; Toleikiené et al., 2020; Uka et al., 2013); Kompos hasil fermentasi terbukti memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman karena pelepasan hara berlangsung lebih lambat dan teratur, sekaligus meningkatkan aktivitas mikroba tanah (Geng et al., 2019; Lasmini et al., 2018; Tellen & Mbiseh, 2020).

Fermentasi sendiri merupakan proses biologis yang melibatkan mikroorganisme

untuk menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Dalam konteks kohe sapi, fermentasi berfungsi mengurangi patogen, menurunkan bau menyengat, meningkatkan kandungan nutrisi, serta menekan risiko fitotoksitas yang sering muncul akibat penggunaan kohe mentah seperti keracunan NH₃ dan NH₄ pada tanaman (Maligan & Nahda, 2023; Seimahuira, 2016; Zelin et al., 2021). Proses ini telah lama digunakan tidak hanya dalam industri pangan, biofuel, dan farmasi, tetapi juga dalam pengelolaan limbah pertanian sebagai bagian dari pertanian ramah lingkungan.

Desa Banyuanyar, Kecamatan Ampel, Kabupaten Boyolali, merupakan wilayah dengan potensi pertanian kopi dan peternakan sapi perah yang cukup besar. Populasi ternak yang tinggi menghasilkan volume limbah kohe yang melimpah, yang seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Namun, hasil observasi menunjukkan bahwa sebagian besar petani masih menggunakan pupuk anorganik sebagai input utama. Minimnya pengetahuan tentang manfaat, fungsi, dan teknik pembuatan pupuk organik menyebabkan kohe lebih sering digunakan secara langsung

tanpa melalui proses fermentasi yang benar. Praktik ini tidak hanya mengurangi efektivitas pupuk, tetapi juga berpotensi merusak tanah dalam jangka panjang karena penurunan unsur hara dan kualitas struktur tanah akibat penggunaan pupuk kimia berlebihan (Ratriyanto et al., 2019; Sutarsyah et al., n.d.)

Selain itu, limbah peternakan yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan pencemaran udara, air, dan tanah, menjadi sumber penyakit, serta meningkatkan emisi gas metana (Meo et al., 2024). Dengan produksi kohe 8–10 kg per ekor per hari, setiap sapi berpotensi menghasilkan 1,5–2 ton pupuk organik per tahun apabila diolah secara benar (Gunawan et al., 2022). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan (gap) yang jelas antara potensi sumber daya dan praktik aktual di lapangan.

Gap tersebut menjadi dasar perlunya intervensi berupa program pelatihan fermentasi kohe. Pelatihan ini tidak hanya bertujuan meningkatkan pengetahuan petani secara teoritis, tetapi juga memberikan keterampilan praktis melalui demonstrasi langsung, pendampingan proses, hingga teknik pengemasan. Melalui pendekatan praktis dan partisipatif, diharapkan petani mampu menghasilkan pupuk organik yang lebih aman, bernutrisi tinggi, berdaya guna bagi tanaman kopi, serta berpotensi memiliki nilai ekonomi. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah dalam mendorong pertanian berkelanjutan, ekonomi sirkular, dan pengurangan ketergantungan terhadap pupuk kimia.

Dengan demikian, pelatihan pembuatan pupuk organik dari kohe sapi di Desa Banyuanyar memiliki nilai strategis baik dari aspek agronomis, lingkungan, maupun ekonomi. Program ini diharapkan mampu meningkatkan kapasitas petani, mengoptimalkan pemanfaatan limbah lokal, serta menghasilkan produk pupuk organik

yang mendukung keberlanjutan sistem pertanian setempat.

METODE

Kegiatan pengabdian dilaksanakan menggunakan pendekatan partisipatif dan experiential learning (learning by doing), yang dinilai efektif untuk meningkatkan keterampilan teknis masyarakat dalam konteks pertanian dan peternakan (Chambers, 1994). Pendekatan ini memungkinkan peserta belajar melalui pengalaman langsung, diskusi terbimbing, dan refleksi, sehingga proses transfer pengetahuan menjadi lebih mudah diterapkan dan berkelanjutan pada tingkat kelompok tani.

1. Desain metode pelatihan

Metode pelatihan terdiri dari:

- Ceramah & paparan materi
Memberikan konsep dasar fermentasi, pengendalian proses, dan fungsi pupuk organik.
- Diskusi partisipatif
Menggali pengalaman peserta dan menganalisis permasalahan penggunaan kohe mentah.
- Praktik langsung (learning by doing)
Peserta melakukan sendiri proses penyusunan lapisan kompos, penyiraman probiotik, dan pengukuran suhu-pH.
- Pendampingan lapangan
Monitoring fermentasi setiap dua hari selama 14 hari.
- Refleksi & evaluasi
Peserta menilai hasil kompos dan memahami standar kualitas kompos matang.

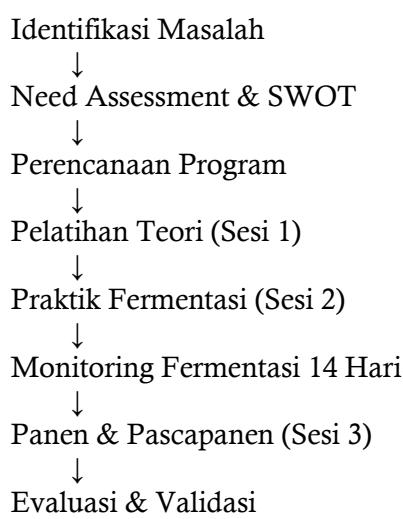
Pemilihan metode ini sesuai dengan teori bahwa pembelajaran berbasis pengalamansangat efektif dalam pelatihan teknis untuk petani (Knowles, 1980).

2. Tahapan kegiatan terlihat pada tabel 1

Tabel 1. Tahapan kegiatan

Tahap	Kegiatan Utama	Output	Durasi
1. Identifikasi Masalah	Observasi lokasi, wawancara petani, analisis SWOT, <i>need assessment</i>	Data baseline & daftar kebutuhan mitra	Minggu 1
2. Perencanaan Program	Penyusunan jadwal, modul pelatihan, koordinasi dengan perangkat desa & kelompok tani	Rencana pembelajaran lengkap	Minggu 1
3. Pelatihan Teori (Sesi 1)	Ceramah, diskusi, pengenalan fermentasi, bahaya kohe mentah	Peningkatan pengetahuan dasar	2 jam
4. Pelatihan Praktik (Sesi 2)	Penyusunan lapisan kompos 3 ton, aplikasi probiotik, pengukuran suhu-kelembapan	Batch kompos dalam proses fermentasi	3 jam
5. Monitoring & Pendampingan	Kontrol suhu-pH setiap 2 hari, pembalikan tumpukan, penyiraman	Fermentasi optimal selama 14 hari	14 hari
6. Panen & Pascapanen (Sesi 3)	Pengayakan, pengeringan, pembajaran, pengemasan	Kompos matang siap pakai/jual	3 jam
7. Evaluasi & Refleksi	<i>Pre-post test</i> , wawancara, observasi	Data peningkatan kapasitas peserta	Minggu 4

3. Alur metode (Flowchart)



4. Bahan dan alat

Bahan terdiri atas:
Kohe sapi 3 ton, Bekatul 50 kg; Dolomit 3 karung, Sekam/arang sekam 3 karung, Probiotik MA11 (3 L), PGPR akar bambu (1 kg), Kemasan 2,5 kg,

Alat terdiri atas: termometer, pH meter, TDS meter, cangkul, sekop, ayakan, timbangan, tong probiotik, dan alat volumetrik.

5. Praktik fermentasi

Prosedur disusun berdasarkan standar pengomposan aerobik (Utomo & Nurdiana, 2018; Waqas et al., 2023): Persiapan kotak kompos ukuran $2 \times 1,5 \times 1$ m (kapasitas ± 3 ton), Penyusunan lapisan: Lapisan 1: arang sekam (5 cm), Lapisan 2: bambu untuk aerasi,

Lapisan 3: kohe (20 cm) + dolomit + bekatal, Lapisan 4: penyiraman probiotik + PGPR, Proses diulang hingga tinggi 1 m (5 lapis), Monitoring suhu & kelembapan setiap 2 hari, Pembalikan tumpukan bila suhu > 60°C, Panen kompos setelah 14 hari ketika warna hitam pekat, tekstur remah, dan tidak berbau, Pengayakan dan pengemasan. Gambar 1. menunjukkan kegiatan pelatihan pembuatan pupuk dari kohe

6. Metode evaluasi

Evaluasi dilakukan melalui pendekatan formatif dan sumatif.

Instrumen Evaluasi

Pre-post test: mengukur perubahan pengetahuan, lembar observasi: menilai keterampilan praktik (penyusunan lapisan, pengukuran suhu, pembalikan), wawancara semi-terstruktur: menilai perubahan perilaku dan pemahaman peserta, dokumentasi monitoring: mencatat suhu, pH, dan kelembapan fermentasi umpan balik, WhatsApp Group: memantau perkembangan

harian peserta selama 14 hari.

Indikator keberhasilan

Peningkatan pengetahuan minimal ≥30% berdasarkan pre-post test, 80% peserta mampu melakukan pengukuran suhu-pH secara mandiri, 70% peserta mampu menyusun lapisan kompos sesuai SOP, kompos yang dihasilkan memenuhi ciri kompos matang (suhu < 35°C, tidak berbau, tekstur remah), tingkat kehadiran peserta > 80%.

7. Validasi keabsahan data

Keabsahan data dijamin dengan:

Triangulasi sumber: data berasal dari observasi, wawancara, dan dokumen monitoring, konfirmasi mitra (member checking), ketua kelompok tani memvalidasi hasil observasi & evaluasi, , triangulasi metombinasi tes, observasi, dokumentasi, dan diskusi, pencatatan sistematis seluruh data dicatat dalam logbook pendampingan selama 14 hari.



Gambar 1. Kegiatan pelatihan pembuatan pupuk dari kohe

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kebutuhan Mitra

Analisis kebutuhan mitra dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara dengan ketua kelompok tani, serta diskusi kelompok terarah (FGD) dengan petani kopi

dan peternak sapi perah yang tergabung dalam Kelompok Tani Sumber Widodo 1 dan 2. Temuan assessment menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup besar antara kondisi ideal pengolahan limbah kandang sapi dan praktik aktual yang dilakukan oleh petani. Hasil Assessment Kebutuhan Mitra ditunjukkan dalam Tabel 2.:

Tabel 2. Hasil assessment kebutuhan mitra

No	Masalah	Penyebab
1	Pengetahuan proses fermentasi dalam pembuatan pupuk organik masih rendah	Kurangnya informasi dan bimbingan dalam pembuatan pupuk organik
2	Penguasaan teknologi fermentasi masih rendah	Minimnya pengetahuan tentang teknologi fermentasi
3	Penguasaan teknologi alat kontrol dalam proses fermentasi rendah	Minimnya pengetahuan tentang alat kontrol dalam proses fermentasi

Analisis kebutuhan mitra menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup signifikan antara potensi sumber daya limbah kohé yang sangat melimpah dan kemampuan teknis petani dalam mengolahnya menjadi pupuk organik berkualitas. Temuan pada Tabel 2 menegaskan bahwa petani masih memiliki keterbatasan pengetahuan mengenai dasar-dasar fermentasi, seperti peran probiotik, rasio C/N, dan ciri-ciri kompos matang. Selain itu, penggunaan kohé mentah sebagai pupuk masih menjadi praktik umum—suatu kondisi yang meningkatkan risiko fitotoksitas NH_3/NH_4 dan memperburuk struktur tanah. Rendahnya pemahaman ini diperkuat oleh minimnya inovasi teknologi di tingkat petani, serta ketiadaan SOP fermentasi yang menyebabkan proses pengomposan berlangsung tidak konsisten.

Di sisi lain, hasil analisis menunjukkan

adanya kelemahan pada aspek keterampilan teknis, khususnya dalam penggunaan alat kontrol fermentasi seperti pH meter, termometer, dan alat ukur kelembapan. Petani juga belum terbiasa melakukan pengadukan atau pembalikan tumpukan kompos secara teratur, padahal langkah ini sangat menentukan keberhasilan fermentasi aerobik. Permasalahan ini terutama disebabkan oleh belum pernah dilaksanakannya pelatihan teknis yang komprehensif, terbatasnya akses informasi ilmiah, serta minimnya pendampingan teknologi di kelompok tani. Namun demikian, kelompok tani memiliki potensi besar untuk berkembang karena ketersediaan bahan baku yang berkelanjutan, meningkatnya permintaan pupuk organik pada tanaman kopi, dan peluang ekonomi yang menjanjikan apabila pengolahan kompos dilakukan dengan metode yang benar.

Tabel 3. Usulan solusi masalah mitra

No	Masalah	Penyebab
1	Pengetahuan proses fermentasi dalam pembuatan pupuk organic masih rendah	Pelatihan dan bimbingan dalam pembuatan pupuk organik
2	Penguasaan teknologi fermentasi masih rendah	Pelatihan dan pendampingan tentang teknologi fermentasi

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, disusunlah sejumlah solusi yang dirangkum dalam Tabel 3, meliputi pelatihan dan bimbingan pembuatan pupuk organik, pendampingan teknologi fermentasi, serta demonstrasi penggunaan alat kontrol proses. Implikasi dari analisis kebutuhan ini kemudian diterapkan dalam perancangan program melalui pendekatan pembelajaran partisipatif, pendampingan intensif selama 14 hari, penyusunan modul pelatihan bertahap, serta penyediaan SOP sebagai panduan teknis.

Strategi ini dirancang untuk memastikan terjadinya peningkatan kapasitas (capacity building) dan adopsi teknologi (technology adoption), sehingga kelompok tani mampu menerapkan proses fermentasi secara mandiri dan berkelanjutan.

2. Hasil Pelaksanaan Program dan Peningkatan Kapasitas Mitra

Hasil analisis awal menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antara potensi sumber daya yakni ketersediaan limbah kohé

yang melimpah dengan kemampuan teknis petani dalam mengolahnya menjadi pupuk organik. Sebelum pelatihan, mayoritas petani menggunakan kohe mentah langsung ke lahan, tidak memahami konsep fermentasi, rasio C/N, ciri kompos matang, ataupun pentingnya pengukuran suhu, pH, dan kelembapan. Keterampilan menggunakan alat kontrol (pH meter, termometer, dan moisture

meter) juga belum dimiliki.

Setelah pelaksanaan pelatihan yang meliputi ceramah, demonstrasi, praktik langsung, dan pendampingan selama 14 hari, terjadi peningkatan kapasitas yang cukup signifikan. Berdasarkan hasil pre-post test terhadap 25 peserta, tingkat pengetahuan meningkat sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pelaksanaan program

Indikator Pengetahuan	Pre-test	Post-test	Peningkatan
Dasar fermentasi	42%	78%	+36%
Teknik penyusunan kompos	38%	80%	+42%
Kontrol suhu–kelembapan	35%	75%	+40%
Penggunaan probiotik/PGPR	40%	82%	+42%
Ciri kompos matang	45%	85%	+40%

Tabel 4. menunjukkan hasil pelaksanaan program terlihat peningkatan pengetahuan, keterampilan teknis juga meningkat. Peserta telah mampu melakukan penyusunan lapisan kompos 3 ton dengan benar, mencampur probiotik MA11 dan PGPR, mengukur suhu kompos setiap dua hari, melakukan pembalikan ketika suhu melebihi 60°C, serta melakukan panen, pengayakan, dan pengemasan produk akhir. Dari proses fermentasi lapangan, diperoleh kompos matang dengan karakteristik:

- a. warna hitam pekat, tekstur remah, tidak berbau,
- b. suhu akhir stabil 29–32°C,
- c. kelembapan 35–45%,
- d. total produksi $\pm 1,8$ ton dari 3 ton bahan awal (yield 60%).

Kondisi ini menunjukkan bahwa petani mampu mengikuti SOP fermentasi dengan baik. Selain itu, keberhasilan program terlihat dari perubahan perilaku: 70% peserta mulai membuat kompos mandiri dan 40% di antaranya telah menjual hasil kompos ke petani lain. Dampak ekonomi awal menunjukkan potensi pendapatan Rp 1,8–4,5 juta per batch, yang dapat meningkat jika produksi dilakukan secara rutin.

3. Keberhasilan Pelaksanaan Fermentasi dan Dampaknya Bagi Mitra

Pelaksanaan pelatihan dan praktik fermentasi pupuk organik menunjukkan peningkatan kapasitas yang signifikan pada

kelompok tani. Berdasarkan evaluasi pre-post test, terjadi peningkatan pemahaman peserta sebesar 38–45%, terutama pada aspek pengaturan suhu, kelembapan, pH, serta indikator kompos matang. Selama proses fermentasi berlangsung, petani mampu melakukan pemantauan rutin setiap dua hari, serta melakukan pembalikan tumpukan ketika suhu melebihi 60°C. Kondisi aktual fermentasi di lapangan menunjukkan bahwa suhu inti tumpukan kompos stabil pada 55–60°C pada hari ke-3 sampai hari ke-6, sesuai dengan standar fermentasi aerob. Pada hari ke-14, kompos yang dihasilkan telah berwarna hitam, bertekstur remah, beraroma tanah, dan tidak berbau menyengat. Hasil ini konsisten dengan laporan (Silalahi et al., 2015) bahwa fermentasi yang baik ditandai dengan penurunan suhu menjadi stabil di bawah 35°C setelah fase termofilik selesai. Dari 3 ton bahan awal, dihasilkan $\pm 1,8$ ton kompos matang, menunjukkan efisiensi konversi sesuai dengan literatur (Dharmawibawa & Karmana, 2022). Dampak sosial ekonomi yang muncul antara lain peningkatan kemampuan teknis petani, terbukanya peluang produksi pupuk organik mandiri, serta pengurangan ketergantungan pada pupuk anorganik yang harganya mahal. Dampak sosial ekonomi juga mulai terlihat. Petani kopi melaporkan bahwa pupuk organik fermentasi mampu menurunkan kebutuhan pupuk kimia hingga 30%, sementara kelompok ternak menyatakan

bahwa lingkungan kandang menjadi lebih bersih dan berkurang bau. Dari sisi ekonomi, pupuk kompos yang sudah diayak dan dikemas memiliki potensi nilai jual Rp 1.000–1.500 per kg. Dengan produksi awal 3 ton per siklus, kelompok tani berpotensi memperoleh tambahan pendapatan Rp 3–4,5 juta per bulan jika proses dilakukan secara rutin. Temuan ini sejalan dengan studi (Silva et al., 2021) yang menekankan bahwa pengelolaan limbah ternak melalui fermentasi tidak hanya meningkatkan kualitas tanah, tetapi juga menciptakan peluang usaha baru dalam ekonomi sirkular desa.

4. Analisis Proses Fermentasi, Reaksi Kimia, dan Keterkaitan Dengan Hasil Lapangan

Efektivitas pelatihan tidak hanya terlihat dari peningkatan keterampilan petani, tetapi juga dari hasil teknis fermentasi. Beberapa faktor penting yang diperhatikan dalam proses fermentasi meliputi: (1) penggunaan bambu berongga sebagai jalur aerasi agar suhu tumpukan stabil pada 40–60°C, (2) penyiraman berkala untuk mempertahankan kelembapan 50–60%, dan (3) pembalikan tumpukan setiap dua hari untuk menjaga oksigenasi dan mencegah pemedatan bahan. Hal ini sesuai rekomendasi (Utomo & Nurdiana, 2018). Mekanisme ini menjelaskan mengapa fermentasi berlangsung stabil dan kompos matang dalam 14 hari.

Secara ilmiah, proses fermentasi kompos melalui dekomposisi aerob melibatkan reaksi kimia yang menggambarkan perubahan senyawa organik menjadi bentuk yang lebih sederhana. Reaksi-reaksi tersebut (Suhartawan et al., 2023) meliputi:

- a. Penguraian karbohidrat (selulosa & hemiselulosa): $(\text{CH}_2\text{O})_x + z\text{O}_2 \rightarrow z\text{CO}_2 + z\text{H}_2\text{O} + \text{Energi}$
- b. Mineralisasi nitrogen organik: N-organik $\rightarrow \text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{Energi}$
- c. Oksidasi senyawa sulfur organik: S-organik $+ \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Energi}$
- d. Penguraian senyawa fosfor organik: P-organik $\rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{Ca}(\text{HPO}_4)^{2-}$

Reaksi tersebut menunjukkan bahwa semakin optimal kondisi fermentasi (suhu,

pH, oksigen, nutrisi mikroba), semakin cepat bahan organik berubah menjadi kompos stabil dengan kandungan hara lebih baik. Hal ini terbukti pada hasil fermentasi di Banyuanyar yang menghasilkan kompos berwarna hitam gelap, bertekstur remah, tidak berbau, dan lolos ayakan halus.

Keuntungan fermentasi ini juga dirasakan oleh petani, seperti peningkatan daya serap nutrisi tanaman, pengurangan bau, peningkatan bioavailabilitas unsur hara, serta pemanfaatan limbah menjadi produk mahal guna. Keunggulan ini sejalan dengan temuan (Tuaka et al., 2021) yang menegaskan bahwa pengendalian suhu, pH, ketersediaan nutrisi, dan waktu fermentasi merupakan faktor kunci dalam menghasilkan pupuk organik berkualitas konsisten. Studi (Arunkumar & Thippeshappa, 2022) juga menegaskan bahwa penggunaan probiotik mampu mempercepat proses dekomposisi dan meningkatkan kualitas nutrisi kompos. Dengan demikian, keberhasilan fermentasi di kelompok tani Banyuanyar dapat dinyatakan sesuai standar literatur ilmiah.

Keberhasilan teknis ini mendukung keberlanjutan program karena petani kini telah memiliki keterampilan dasar, alat ukur, serta SOP fermentasi yang memungkinkan proses dilakukan secara mandiri. Hal ini mencerminkan kesiapan adopsi teknologi jangka panjang, sejalan dengan konsep transfer teknologi dan pemberdayaan masyarakat berbasis partisipatif.

SIMPULAN DAN SARAN

Program pelatihan fermentasi kohe sapi di Desa Banyuanyar berhasil meningkatkan kapasitas petani dalam mengelola limbah ternak menjadi pupuk organik berkualitas. Melalui metode partisipatif yang menggabungkan teori, praktik langsung, dan pendampingan intensif, peserta mampu memahami parameter penting seperti suhu, pH, kelembapan, dan teknik pembalikan kompos. Produk pupuk organik yang dihasilkan menunjukkan kualitas lebih baik dibandingkan kohe mentah, ditinjau dari tekstur, aroma, dan kematangan kompos. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga membuka

peluang ekonomi baru, mendukung keberlanjutan pertanian kopi, dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, Dinas Pertanian Boyolali dan Pemerintah Desa Banyuanyar Ampel Boyolali. Program Pengabdian Masyarakat ini merupakan hibah dari DPPM Kemendiktiainstek skema Pemberdayaan Wilayah dengan nomor kontrak:123/C3/DTOS.00/PM/2025; 023/L6/PM/AL.04/2025; 24/F9.05/UDN-09/2025.

DAFTAR RUJUKAN

- Arunkumar, B. R., & Thippeshappa, G. N. (2022). Aerobic Rice Yield and Nutrient Content as Influenced by Application Coconut Shell Biochar and Farm Yard Manure with NPK Fertilizers. *Journal of Environment and Ecology* 40 (2C), 917–926.
- Chambers, R. (1994). Paradigm Shifts and the Practice o f Participatory Research and Development. *Institute of Development Studies – Working Paper*, No. 2.
- Dharmawibawa, I. D., & Karmana, I. W. (2022). Pembuatan Pupuk Kompos Limbah Peternakan dan Perkebunan Bagi Masyarakat Desa Baturinggit Selelos Kabupaten Lombok Utara. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 4(1), 188–195.
- Geng, Y., Id, G. C., Wang, L., & Wang, S. (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield , dry matter , and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. *Journal plosone*, 1–16.
- Gunawan, A., Cornelia, A., Nugroho, B. M., Hastiawan, I., Innosensius, T., Leunupun, M., & Budisusanto, P. (2022). Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Pupuk Organik untuk Mendukung Pengembangan Sektor Pertanian dan Perkebunan Desa Segoroyoso. *Jurnal Atma Inovasia*, 2(4), 382–386.
<https://doi.org/10.24002/jai.v2i4.5216>
- Knowles, M. S. (1980). The Modern Practice of Adult Education: From Pedagogy to Andragogy. *Englewood Cliffs: Prentice Hall/Cambridge*.
- Lasmini, S. A., Nasir, B., Hayati, N., & Edy, N. (2018). Improvement of soil quality using bokashi composting and NPK fertilizer to increase shallot yield on dry land. *Australian Journal of Crop Science* 12(11), 1743–1749.
- Maligan, J. M., & Nahda, J. N. (2023). Kajian Identifikasi Mikroorganisme pada Fermentasi Kopi Arabika. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangangan*, 8, 152–161.
- Meo, M. M., Kaleka, M. U., Djawapaty, D. J., & Bao, A. P. (2024). Pengelolahan dan Pemanfaatan Limbah Ternak Babi pada Rumah Produksi Ternak di Desa Bajawa. *Peternakan Jurnal Sains*, 12(1), 11–15.
- Ratriyanto, A., Widayati, S. D., Wara, S., Prastowo, S., & Widya, N. (2019). Pembuatan Kompos Merupakan Cara Penyimpanan Bahan Organik Sebelum Digunakan Sebagai Pupuk. *Jurnal SEMAR*, 8(1), 9–13.
- Seimahuira, L. M. (2016). Penurunan Nilai Cod Pada Pengolahan Limbah Lateks Secara Anaerobik. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 11(1), 9–14.
- Silva, A. F. R., Brasil, Y. L., Koch, K., & Amaral, M. C. S. (2021). Resource recovery from sugarcane vinasse by anaerobic digestion – A review. *Journal of Environmental Management*, 295(June), 113137.
- Suhartawan, B., Suprihatin, H., Nurrahman, H., Yuniarti, E., Suyasa, W., Asnawi, I., & Toepak, E. (2023). Pengelolaan Limbah Padat Perkotaan, Limbah Industri, dan B3. *CV Writing Revolution. Get Press Indonesia*.
- Sutarsyah, C., Sholaahuddin, I., Oktaviani, A., Veranita, A., Aji, A. M. P., Lestari,

- E. S., Lorena H., Wardhani, L. D., Karwati, N. L., Aisyah, Z., (2021). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Kegiatan Pembuatan Pupuk Kompos Dari Kotoran Sapi Untuk Meningkatkan Produksi Pertanian. *Jurnal pengabdian sosial indonesia (Journal of Indonesian Social Service)*. 1, 10–18.
- Tellen, V. A., & Mbiseh, S. (2020). Effectiveness of Fortified Liquid Organic Manure and Inorganic Fertilizer on the Growth , Physiological and Pesticidal Response of African (*Solanum scabrum*). *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 21(7): 30–46.
- Toleikienė, M., Arlauskienė, A., Šarūnaitė, L., Šidlauskaitė, G., & Kadžiulienė, Ž. (2020). The Effect of Plant-Based Organic Fertilisers on The Yield And Nitrogen Utilization of Spring Cereals In The Organic Cropping System. *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 107(1), 17–24.
- Tuaka, K. B., Hilir, K. I., Apriyanto, M., Novyar, K. M. S., Fikri, S., & Azhar, A. (2021). Sosialisasi Konsep Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan Di Kecamatan Batang Tuaka, Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 1(1), 8–14.
- Uka, U. N., Kanayo, S. C., and Iwuagwu, M., (2013). Relative Effect of Organic And Inorganic Fertilizers on The Growth of Okra [Abelmoschus Esculentus (L.) Moench. *Journal of Agricultural Sciences* 58(3), 159–166.
- Utomo, P. B., & Nurdiana, J. (2018). Evaluasi Pembuatan Kompos Organik dengan Menggunakan Metode Hot Composting. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(01), 28–32.
- Waqas, M., Hashim, S., Ahmad, S., Noor, R., Shoaib, M., Naseem, A., Hlaing, P. T., & Lin, H. A. (2023). Composting Processes for Agricultural Waste Management : A Comprehensive Review. *Processes* , 1–24.
- Zelin, Z., Farida, E. N., & Salafudin. (2021). Perbandingan Teknologi Antara Bioethanol Dan Biopropanol Serta Tantangan Dan Harapan Untuk Dikembangkan Di Indonesia. *Institut Teknologi Nasional*, 1(1), 1–12.