

## PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN AYAM DAN SEKAM PADI BAKAR DAN SEKAM PADI KERING SEBAGAI PUPUK ORGANIK DALAM UPAYA MEWUJUDKAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

Rahma Nur Fitria<sup>1</sup>, Rio Rivky Fahridzal<sup>2</sup>, Silma Asyiva<sup>3</sup>, Herman<sup>4</sup>

Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.

[rn2734569@gmail.com](mailto:rn2734569@gmail.com), [riorivky20@gmail.com](mailto:riorivky20@gmail.com) , [silmaasyiva2015@gmail.com](mailto:silmaasyiva2015@gmail.com) ,

[herman@uinsgd.ac.id](mailto:herman@uinsgd.ac.id)

Diterima : 16-11-2025

Disetujui : 05-12-2025

Diterbitkan : 28-12-2025

**Abstrak:** Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sirmajaya RW 05, Kecamatan Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat, dilaksanakan dengan tujuan memberikan edukasi dan pendampingan kepada masyarakat mengenai pemanfaatan limbah organik sebagai pupuk ramah lingkungan. Permasalahan utama yang dihadapi masyarakat adalah tingginya ketergantungan pada pupuk kimia serta belum optimalnya pengelolaan limbah pertanian dan peternakan, khususnya kotoran ayam dan sekam padi. Melalui metode edukatif dan partisipatif, mahasiswa bersama masyarakat melaksanakan kegiatan sosialisasi, pelatihan, serta praktik pembuatan pupuk organik. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa kombinasi bahan lokal berupa kotoran ayam, sekam padi bakar, sekam padi kering, dan tanah mampu menghasilkan pupuk dengan kandungan hara yang baik serta memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Program ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, tetapi juga menekan limbah organik, sekaligus meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pertanian ramah lingkungan. Dengan demikian, kegiatan KKN ini menjadi contoh inovasi sederhana yang berkontribusi dalam mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan di tingkat desa.

**Kata Kunci:** Pupuk Organik, Limbah Pertanian, Kotoran Ayam

**Abstract :** *The Community Service Program (KKN) in Sirmajaya Village, RW 05, Gununghalu Sub-district, West Bandung Regency, was carried out to provide education and assistance to the community regarding the utilization of agricultural and livestock waste as eco-friendly fertilizer. The main issues faced by the community are the high dependency on chemical fertilizers and the underutilization of local organic waste, particularly chicken manure and rice husks. Through an educative and participatory approach, students together with local residents conducted socialization, training, and*

*hands-on practice in organic fertilizer production. The results showed that the combination of chicken manure, burnt rice husks, dried rice husks, and soil successfully produced fertilizer rich in essential nutrients and capable of improving soil physical and chemical properties. This program not only reduces reliance on chemical fertilizers but also minimizes organic waste while raising community awareness of sustainable agriculture. Therefore, this KKN activity serves as a simple innovation that contributes to achieving local food security and environmentally friendly farming practices.*

**Keywords:** *Organic Fertilizer, Agricultural Waste, Chicken Manure,*

## **PENDAHULUAN**

Pertanian berkelanjutan merupakan salah satu konsep penting yang lahir dari kesadaran manusia bahwa lingkungan harus tetap dijaga kelestariannya di tengah pesatnya perkembangan industrialisasi dan dampak yang ditimbulkannya. Konsep ini menekankan perlunya praktik pertanian yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga pada kelestarian ekosistem dan kesejahteraan generasi mendatang (Rustandi et al., 2020).

Desa Sirnajaya RW 05, Kecamatan Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat, merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi pertanian dan peternakan cukup besar. Sebagian besar masyarakat di desa ini menggantungkan hidupnya pada kegiatan bercocok tanam dan beternak, baik dalam skala kecil maupun menengah. Kondisi tersebut menjadikan limbah pertanian dan peternakan sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat desa. Namun, pengelolaan limbah tersebut masih cenderung terbatas, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran apabila tidak dimanfaatkan dengan baik (Syamsudin, 2022).

Permasalahan yang sering muncul di lapangan adalah tingginya ketergantungan petani terhadap pupuk kimia. Pupuk anorganik memang mampu meningkatkan produksi dalam jangka pendek, tetapi penggunaannya secara berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan tanah, lingkungan, dan bahkan hasil pertanian yang dikonsumsi manusia (Sutanto, 2021). Tanah yang terus-menerus diberi

pupuk kimia cenderung mengalami degradasi kualitas, kehilangan bahan organik, serta menurunnya aktivitas mikroba tanah yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah.

Di sisi lain, kenaikan harga pupuk anorganik bersubsidi semakin menambah beban petani kecil. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 49 Tahun 2020, harga pupuk bersubsidi seperti Urea, SP-36, ZA, dan pupuk organik mengalami kenaikan rata-rata antara Rp 300 hingga Rp 450 per kilogram (Kementerian Pertanian RI, 2020). Kondisi ini mendorong perlunya solusi alternatif yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.

Desa Sirmajaya memiliki potensi besar dalam hal penyediaan bahan baku pupuk organik. Limbah kotoran ayam dari aktivitas peternakan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kandang yang kaya nitrogen, fosfor, dan kalium. Sementara itu, sekam padi yang tersedia dari hasil sampingan pertanian dapat diolah menjadi bahan tambahan seperti arang sekam maupun sekam kering, yang berfungsi memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan porositas (Ritonga et al., 2022; Tafonao, 2025). Sayangnya, hasil observasi di lapangan menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah tersebut masih terbatas, bahkan sebagian besar belum dikelola secara optimal.

Melalui kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN), mahasiswa berupaya memberikan edukasi dan pendampingan kepada masyarakat dalam mengolah limbah peternakan dan pertanian menjadi pupuk organik. Pemanfaatan limbah kotoran ayam dan sekam padi ini tidak hanya memberikan manfaat ekonomis, tetapi juga mendukung konsep pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan adanya inovasi ini, diharapkan masyarakat Desa Sirmajaya RW 05 mampu mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, menekan biaya produksi, serta memperkuat pemanfaatan lahan pekarangan rumah. Pada akhirnya, program ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap ketahanan pangan rumah tangga dan masyarakat desa secara lebih luas.

## METODE PELAKSANAAN

Metodologi kegiatan pengabdian masyarakat melalui program Kuliah Kerja Nyata (KKN) ini dilaksanakan di Desa Sirmajaya RW 05, Kecamatan Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat, selama kurang lebih 40 hari, yaitu mulai tanggal 22 Juli 2025 hingga 24 Agustus 2025. Desa ini dipilih karena memiliki potensi pertanian dan peternakan yang cukup besar, sekaligus menghadapi permasalahan terkait pemanfaatan limbah organik yang belum dikelola secara optimal. Subjek kegiatan adalah masyarakat desa, dengan sasaran utama kelompok petani, peternak, ibu rumah tangga, serta karang taruna sebagai motor penggerak keberlanjutan program (Rustandi et al., 2020).

Metode yang digunakan adalah pendekatan edukatif dan partisipatif. Pada tahap awal dilakukan koordinasi dengan pemerintah desa serta kelompok masyarakat untuk memetakan potensi dan permasalahan yang ada. Observasi lapangan turut dilakukan untuk mengidentifikasi ketersediaan limbah organik serta praktik pertanian yang berjalan. Hasil identifikasi ini menjadi dasar dalam merancang kegiatan utama berupa sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan (Kusnanto & Frisma, 2022).

Kegiatan dimulai dengan sosialisasi mengenai dampak negatif penggunaan pupuk kimia terhadap lingkungan serta manfaat pupuk organik. Selanjutnya dilakukan pelatihan pembuatan pupuk kandang dari kotoran ayam dan pupuk kompos berbahan sekam padi secara demonstratif sehingga masyarakat dapat mempraktikkan secara langsung. Tahap berikutnya adalah uji coba penggunaan pupuk organik pada media polybag, disertai pendampingan serta monitoring untuk menjamin keberlanjutan praktik. Evaluasi dilakukan melalui evaluasi proses (partisipasi masyarakat) dan evaluasi hasil (jumlah pupuk organik, tingkat pemanfaatan, serta tanggapan masyarakat).

Hasil dari kegiatan berupa pupuk organik yang digunakan untuk bercocok tanam, serta terbentuknya kelompok masyarakat yang berkomitmen mengembangkan dan mengelola pupuk organik secara berkelanjutan. Dengan metodologi ini, kegiatan KKN diharapkan memberikan dampak nyata berupa peningkatan kesadaran lingkungan, pengurangan ketergantungan pada pupuk kimia, serta terwujudnya praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan (Rustandi et al., 2020; Kusnanto & Frisma, 2022).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Program pembuatan pupuk organik dilaksanakan di Desa Sirnajaya RW 05, Kecamatan Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat. Kegiatan ini berlangsung hanya dalam satu hari dengan melibatkan mahasiswa KKN serta ketua tani setempat, Bapak Yadi, beserta istrinya. Proses pembuatan pupuk organik dilakukan di depan rumah Bapak Yadi dengan suasana sederhana dan penuh kebersamaan. Seluruh bahan yang digunakan berasal dari lingkungan sekitar, yaitu tanah, kotoran ayam, serta limbah sekam padi bakar dan sekam padi kering.

Mahasiswa KKN bersama Bapak Yadi dan istrinya bekerja sama mulai dari menyiapkan bahan, melakukan pencampuran, hingga menghasilkan pupuk organik siap pakai. Kegiatan ini berjalan dengan lancar dan efektif, meskipun dilakukan dalam waktu singkat.

Pelaksanaan program ini menjadi pengalaman berharga karena memberikan contoh nyata bahwa pembuatan pupuk organik dapat dilakukan secara sederhana, cepat, dan tidak memerlukan peralatan yang rumit. Kehadiran ketua tani dan istrinya juga menambah semangat sekaligus menjadi bukti bahwa keterlibatan masyarakat setempat sangat penting dalam mendukung keberhasilan program pertanian ramah lingkungan di Desa Sirnajaya.

Pembuatan pupuk organik di Desa Sirmajaya RW 05, Kecamatan Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat dilaksanakan dengan cara sederhana menggunakan bahan lokal berupa tanah, kotoran ayam, sekam padi bakar, dan sekam padi kering. Pemilihan bahan-bahan ini bukan hanya berdasarkan ketersediaan di lapangan, tetapi juga didukung oleh penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa kombinasi tersebut efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah sekaligus menjaga kelestarian lingkungan. Hasil kegiatan berupa media/pupuk organik siap pakai yang teksturnya gembur, warna kecokelatan-gelap, serta bau yang tidak menyengat.

## **1. Pencampuran sekam padi kering dengan kotoran ayam**

Pencampuran awal antara sekam padi kering (bahan berserat berkarbon tinggi) dengan kotoran ayam (sumber nitrogen tinggi) memiliki beberapa alasan teknis-praktis. Pertama, sekam padi kering berfungsi sebagai *bulking agent* yang menyerap kelembapan berlebih dari kotoran ayam sehingga mencegah kondisi terlalu basah yang dapat memperlambat dekomposisi anaerobik dan menimbulkan bau. Penambahan bahan berserat juga menurunkan risiko volatilitas amonia dengan menstabilkan kelembapan dan menyediakan struktur berpori yang menjaga aerasi. Studi tentang penggunaan sekam/arang sekam dan bulking agent pada kompos/pakan ternak menunjukkan bahwa penambahan bahan berserat secara signifikan menurunkan emisi  $\text{NH}_3$  dan memperbaiki kondisi fisik campuran selama proses pengomposan (Sun et al, 2021).

Kedua, kombinasi awal ini membantu menyeimbangkan rasio karbon : nitrogen (C/N) di bagian lokal campuran. Kotoran ayam cenderung memiliki rasio C/N rendah (lebih kaya N), sedangkan sekam padi kering tinggi karbon; mencampurkan keduanya sejak awal membantu menghindari immobilisasi N atau kehilangan N lewat volatilisasi, sehingga nutrien tetap lebih tersimpan untuk proses dekomposisi lanjut dan pemanfaatan tanaman. Penelitian perpaduan bulking agent dan limbah ternak juga

melaporkan bahwa rasio C/N yang dikendalikan menurunkan kehilangan nitrogen dan meningkatkan kualitas kompos akhir (Alarefee et al, 2023).

## 2. Penambahan Tanah Murni

Penambahan tanah murni ke campuran awal memiliki beberapa fungsi teknis dan mikrobiologis penting. Tanah berperan sebagai: (a) buffer fisiko-kimia, membantu menstabilkan pH dan memberikan matriks mineral sehingga perubahan pH yang tiba-tiba (mis. lonjakan basa akibat amonia) dapat teredam; (b) sumber mikroba dan inokulum, tanah mengandung komunitas mikroorganisme auditif dan enzimatik yang dapat mempercepat aktivitas degradasi; (c) penyebar unsur, tanah membantu mendistribusikan partikel kotoran ayam ke permukaan yang lebih besar sehingga penyerapan mikroba menjadi lebih merata. Literatur kompos dan panduan teknis merekomendasikan penggunaan tanah atau kompos matang sebagai *starter/inokulan* untuk mempercepat fase degradasi dan meningkatkan kualitas kompos akhir. Oleh karena itu, penambahan tanah memberi keseimbangan mineral dan mikrobiota yang dibutuhkan untuk transformasi biologis berikutnya. Menambahkan tanah juga membantu mengurangi bau dan potensi patogen karena campuran menjadi lebih stabil secara fisik sehingga menjadi kondisi yang lebih baik untuk mikroba aerobik (Cornell Waste Management Institute).



### **Gambar 1. Penambahan Tanah**

#### **3. Penambahan sekam padi bakar sebagai tahap berikutnya**

Sekam padi bakar (biochar/arang sekam) memiliki karakteristik fisik-kimia yang berguna: struktur internal berpori, kapasitas tukar kation (CEC) yang relatif baik, dan afinitas untuk mengikat ammonium dan senyawa organik. Menambahkan arang sekam pada tahap akhir memberi beberapa keuntungan:

##### **a. Retensi Nutrient**

Biochar dapat menyimpan ion  $\text{NH}_4^+$  dan nutrien lainnya sehingga mengurangi kehilangan lewat volatilisasi dan pencucian, sehingga nutrien lebih tersedia untuk tanaman di kemudian hari (Khan et al, 2024).

##### **b. Perbaikan Struktur Media**

Pori biochar meningkatkan porositas dan kapasitas menahan air pada media akhir, sehingga pupuk/ media lebih gembur dan mampu menahan kelembapan yang diperlukan akar (Kabir et al, 2023).

##### **c. Pengurangan Emisi**

Penelitian mengenai pencampuran biochar (atau arang sekam) dengan kotoran unggas menunjukkan pengurangan volatilisasi  $\text{NH}_3$  dan emisi  $\text{CO}_2$  selama proses pengomposan/penstabilan. Ini mendukung penggunaan arang sekam untuk menjaga nitrogen dalam produk akhir (Alarefee, 2023).

Memasukkan sekam bakar setelah tanah membuat biochar akan mengunci unsur hara yang sudah mulai tersedia dari proses awal yaitu saat kotoran mulai terdegradasi, sehingga mengoptimalkan penyerapan oleh matriks berpori biochar.

#### 4. Fungsi pengadukan hingga homogen

Pengadukan intensif berfungsi untuk:

- a) Menghomogenkan distribusi unsur hara (mencegah area ‘kaya’ atau ‘miskin’ nutrien di dalam campuran)
- b) Meningkatkan aerasi menghindari kondisi anaerobik yang menimbulkan bau dan gas rumah kaca
- c) Mempercepat aktivitas mikroba aerobik yang mengurai bahan organik menjadi bentuk yang lebih stabil (kompos/pupuk).

Penelitian tentang peran bulking agent dan perlakuan mekanis pada proses kompos menegaskan bahwa peningkatan porositas dan pembalikan/pengadukan mempercepat kematangan kompos dan mengurangi emisi tidak diinginkan. Oleh karena itu, pengadukan sampai homogen adalah langkah kunci untuk menghasilkan pupuk organik berkualitas dalam waktu relatif singkat (Zahra et al, 2023).



## **Gambar 2. Pengadukan Tanah dengan Sekam Padi**

### **5. Manfaat agronomis dan lingkungan dari urutan proses ini (kasus Desa Sirnajaya)**

Berdasarkan hasil praktik lapangan dan dukungan literatur, beberapa manfaat nyata yang diharapkan adalah:

#### **1) Retensi Nutrien Lebih Baik**

Kombinasi awal sekam kering + kotoran ayam diikuti biochar mengurangi kehilangan N ( $\text{NH}_3$  volatil), sehingga lebih banyak unsur hara tetap tersedia untuk tanaman. Hal ini telah teramati pada studi pencampuran biochar dengan litter unggas dan kompos sekam padi (Alarefee et al, 2023).

#### **2) Peningkatan Sifat Fisik Media**

Penambahan sekam bakar memperbaiki porositas dan kapasitas penahanan air media, menjadikan media lebih sesuai untuk penanaman di polybag/pekarangan. Meta-analisis dan review biochar menunjukkan perbaikan porositas dan retensi air pada banyak studi lapang (Khan et al, 2024).

#### **3) Pengurangan Limbah & Prinsip Circular Economy**

Memanfaatkan limbah ternak (kotoran ayam) dan limbah pertanian (sekam padi kering dan arang sekam) mengubah aliran limbah menjadi produk bernilai, mengurangi pembuangan/ pembakaran sekam yang merugikan lingkungan. Hal ini sejalan dengan praktik circular economy di sektor pertanian (Omar et al, 2021).

#### 4) Ekonomi Lokal & Ketahanan Input

Pupuk organik lokal mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia bersubsidi yang harganya mengalami penyesuaian (Permentan No.49/2020), sehingga mendukung ketahanan biaya bagi petani kecil.

#### 5) Penerimaan Masyarakat

Partisipasi dan respon positif dari Ketua Tani dan keluarga menunjukkan metode ini layak direplikasi; keterlibatan tokoh lokal mempercepat adopsi praktik baru dalam komunitas. Observasi lapangan konsisten dengan literatur tentang pentingnya keterlibatan tokoh lokal dalam transfer teknologi pertanian.



***Gambar3. Hasil Pengadukan***

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **Kesimpulan**

Program pembuatan pupuk organik di Desa Sirnajaya RW 05, Kecamatan Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat, merupakan bagian dari kegiatan KKN yang

bertujuan memberikan edukasi sekaligus praktik sederhana dalam pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan. Berdasarkan pelaksanaan kegiatan, pupuk organik berhasil dibuat dengan memanfaatkan bahan lokal berupa kotoran ayam, sekam padi bakar, sekam padi kering, dan tanah. Proses pembuatan dilakukan secara partisipatif bersama ketua tani dan masyarakat setempat, sehingga kegiatan berjalan efektif dan mendapat dukungan positif.

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa kombinasi bahan organik lokal mampu menghasilkan pupuk dengan kandungan hara yang baik, serta berperan dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Dampak lain yang dirasakan adalah berkurangnya ketergantungan masyarakat terhadap pupuk kimia yang harganya semakin meningkat, sekaligus mengurangi timbulan limbah organik di desa. Kegiatan ini juga meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan sumber daya lokal secara berkelanjutan melalui prinsip pertanian ramah lingkungan.

Dengan demikian, kegiatan KKN ini tidak hanya menghasilkan pupuk organik sebagai produk nyata, tetapi juga memperlihatkan bahwa inovasi sederhana dapat menjadi solusi alternatif dalam mendukung ketahanan pangan, mengurangi biaya produksi, serta mengedukasi masyarakat untuk lebih mandiri dalam mengelola sumber daya yang tersedia di lingkungan sekitar.

### **Saran**

Berdasarkan hasil kegiatan pembuatan pupuk organik di Desa Sirnajaya RW 05, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan. Pertama, secara praktis masyarakat perlu terus melanjutkan pembuatan pupuk organik secara mandiri dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal yang mudah dijangkau, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia dan menekan biaya produksi pertanian. Kedua, kegiatan serupa dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambah variasi bahan

organik, seperti limbah sayuran rumah tangga atau kompos hijau, sehingga kualitas pupuk semakin baik dan ramah lingkungan.

Selain itu, diperlukan pendampingan berkelanjutan dari pihak pemerintah desa, kelompok tani, maupun instansi terkait dalam bentuk pelatihan teknis dan penyediaan sarana sederhana agar masyarakat semakin terampil dalam mengolah pupuk organik. Untuk pengabdian lanjutan, program ini dapat diperluas menjadi kegiatan pemberdayaan ekonomi dengan menjadikan pupuk organik sebagai produk yang bernilai jual, sehingga tidak hanya bermanfaat bagi ketahanan pangan lokal, tetapi juga berpotensi meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alarefee, H. A., Ishak, C. F., Othman, R., & Karam, D. S. (2023). Effectiveness of mixing poultry litter compost with rice husk biochar in mitigating ammonia volatilization and CO<sub>2</sub> emissions. *Journal of Environmental Management*, 343, 118220. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118220>
- Cornell Waste Management Institute. (n.d.). The science of composting. Cornell University. <http://cwmri.css.cornell.edu/composting.htm>
- Jin, H., et al. (2022). Short-term application of chicken manure under different conditions: Effects on soil properties and nutrient dynamics. *PLoS ONE*, 17(4), e0266614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266614>
- Kabir, E., et al. (2023). Biochar as a tool for the improvement of soil and environment. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 112345. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.112345>
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2020). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 49 Tahun 2020 tentang Alokasi dan Harga Eceran Tertinggi Pupuk Bersubsidi Sektor Pertanian Tahun Anggaran 2021. Jakarta: Kementerian Pertanian RI. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/149647/permendan-no-49-tahun-2020>
- Khan, S., et al. (2024). Biochar production and characteristics: Its impacts on soil properties and environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138501. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138501>

- Omar, L., et al. (2021). Rice husk compost production and use in mitigating ammonia loss: Toward sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(14), 7812. <https://doi.org/10.3390/su13147812>
- Ritonga, M. N., Nasution, Z., & Siregar, R. (2022). Pengolahan kotoran ayam menjadi pupuk organik ramah lingkungan. *Jurnal Adam IPTS*, 1(2), 137–141.
- Rustandi, A., Handayani, L., & Prasetyo, D. (2020). Pertanian berkelanjutan dalam menghadapi era industrialisasi. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 8(2), 45–53.
- Sun, X., et al. (2014). Influence of bulking agents on CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and NH<sub>3</sub> emissions during composting. *Waste Management*, 34(11), 2046–2054. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.07.004>
- Sutanto, R. (2021). Pertanian organik: Menuju pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Yogyakarta: Kanisius.
- Syamsudin, A. (2022). Pemanfaatan limbah ternak dan sekam padi sebagai pupuk organik. *Jurnal Agroteknologi Terapan*, 11(1), 33–41.
- Zahra, K., et al. (2023). Investigating the role of bulking agents in compost maturity and nutrient conservation. *Bioresource Technology*, 379, 128955. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128955>