Peningkatan Keberdayaan UMKM Alir Coffee melalui Pelatihan Produksi Pupuk Organik Padat Berbasis Kulit Kopi

Ulfiana Ihda Afifa[1*], Susanto[2], Yanty Maryanty[3], Nadya Rizkita[4], Luchis Rubianto[5], Arief Rahmatulloh[6]

[1-6]Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Malang, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : *ulfiana.ihda@polinema.ac.id*

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada

Vol. 04, No. 10 Oktober, 2026

Page: 6808-6814

DOI:

https://doi.org/10.55681/armada.v4i10.4701

Article History:

Received: Agustus 07, 2026

Revised: September 30, 2026

Accepted: Oktober 19, 2026

Abstract *: Alir Coffee, a micro, small and medium enterprise in Malang Regency, generates coffee husk waste that remains underutilised and lacks processing procedures for producing value-added products. This community engagement programme aimed to strengthen the partner's capabilities through participatory training and mentoring in solid organic fertiliser production. Activities took place at Alir Coffee's production facility on 8 August 2026, involving needs assessment, sessions, discussions, practical composting, development of standard operating procedures (SOPs), and descriptive evaluation using pre- and post-activity indicator matrices. Training covered coffee husk preparation, mixing with rice husks and microbial activators, moisture control, composting, maturation, and packaging. Evaluation results showed increases in achievement scores for competitiveness from 5% to 85%, science and technology application from 10% to 86%, values and practices from 25% to 85%, and skills from 10% to 84%. Outputs included prototype solid organic fertiliser, guidance on composting equipment, and production SOPs. The programme demonstrated potential for strengthening partner capacity and diversifying products through coffee waste utilisation. Laboratory compost quality testing and economic impact assessment remain necessary before commercial adoption.*

Keywords : *Coffee Husks; Circular Economy; Composting; MSME Empowerment; Solid Organic Fertiliser*

Abstrak : UMKM Alir Coffee di Kabupaten Malang menghasilkan limbah kulit kopi yang belum dimanfaatkan secara optimal dan belum memiliki prosedur pengolahannya menjadi produk bernilai tambah. Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan keberdayaan mitra melalui pelatihan dan pendampingan partisipatif produksi pupuk organik padat. Kegiatan dilaksanakan di rumah produksi Alir Coffee pada 8 Agustus 2026 melalui identifikasi kebutuhan, penyampaian materi, diskusi, praktik pengomposan, penyusunan standar operasional prosedur (SOP), serta evaluasi deskriptif berdasarkan matriks indikator sebelum dan sesudah kegiatan. Materi praktik meliputi persiapan kulit kopi, pencampuran dengan sekam dan aktivator mikroba, pengendalian kelembapan, pengomposan, pematangan, dan pengemasan. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan skor rata-rata capaian pada aspek daya saing dari 5% menjadi 85%, penerapan IPTEK dari 10% menjadi 86%, tata nilai dari 25% menjadi 85%, dan keterampilan dari 10% menjadi

84%. Kegiatan menghasilkan produk percontohan pupuk organik padat, pendampingan penggunaan sarana komposter, dan SOP produksi sederhana. Program memperlihatkan potensi penguatan kapasitas mitra serta diversifikasi produk melalui pemanfaatan limbah kopi. Pengujian mutu kompos secara laboratoris dan pengukuran dampak ekonomi jangka panjang masih diperlukan sebelum penerapan komersial yang lebih luas.

Kata Kunci : Kulit Kopi; Ekonomi Sirkular; Pengomposan; Pemberdayaan UMKM; Pupuk Organik Padat

PENDAHULUAN

Industri pengolahan kopi memberikan nilai tambah bagi komoditas pertanian, namun sekaligus menghasilkan residu organik dari tahap pengupasan dan pengolahan bahan baku. Kulit kopi yang tidak dikelola dapat menambah beban penanganan limbah di tingkat usaha. Di sisi lain, berbagai fraksi limbah kopi memiliki peluang untuk dikonversi menjadi produk bernilai, termasuk bahan pembenah tanah dan kompos (Lee et al., 2023). (2011) menunjukkan bahwa hasil samping industri kopi memiliki karakteristik dan potensi pemanfaatan yang beragam, sehingga pemilihan teknologi perlu mempertimbangkan jenis residunya. Pengomposan menjadi salah satu pendekatan yang relatif mudah diadaptasi oleh usaha kecil karena memanfaatkan proses biologis untuk menstabilkan bahan organik. Mitra kegiatan adalah UMKM Alir Coffee yang berlokasi di Desa Pagentan, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Usaha ini bergerak dalam pengolahan dan pemasaran kopi serta menjalin hubungan dengan petani dan komunitas kopi. Hasil identifikasi awal dalam laporan kegiatan menunjukkan bahwa limbah kulit kopi belum dimanfaatkan secara optimal, mitra belum menguasai teknologi pengolahan menjadi pupuk organik padat, dan belum tersedia panduan operasional sederhana. Produk utama usaha juga masih berpusat pada kopi, sehingga potensi diversifikasi berbasis residu belum dimanfaatkan.

Kulit kopi mengandung bahan organik yang berpotensi menjadi bahan kompos, tetapi sifat akhir produk ditentukan oleh jenis residu, campuran bahan, aerasi, serta tingkat kematangan. Pandey et al. (2000) menjelaskan bahwa pulp dan kulit kopi merupakan bahan berserat yang dapat mengandung kafein dan tanin, sehingga pemanfaatannya memerlukan proses pengolahan yang sesuai.. Dadi et al. (2019) menunjukkan bahwa pemanfaatan kulit dan pulp kopi melalui pengomposan atau pengomposan bersama dapat menjadi pendekatan valorisasi limbah, dengan mutu akhir yang dipengaruhi oleh proses. Penelitian Jiang et al. (2023) juga memperlihatkan potensi aplikasi kompos kulit kopi dalam pengelolaan tanah pada budidaya kopi Arabika. Dalam konteks Indonesia, Yunita et al. (2024) melaporkan pengolahan kulit buah kopi menjadi kompos beserta karakterisasi unsur hara; temuan tersebut memberikan dasar bahwa limbah kopi perlu diproses dan diuji sebelum dimanfaatkan secara luas. Kegiatan pengabdian tidak cukup berhenti pada pemberian informasi. Mitra perlu mempraktikkan rangkaian proses, memahami titik kendali utama, serta memiliki acuan kerja yang dapat digunakan setelah pendampingan. Oleh karena itu, program ini mengombinasikan pembelajaran teoritis, diskusi permasalahan mitra, pelatihan praktik, pengenalan peralatan sederhana, dan penyusunan standar operasional prosedur (SOP). Pendekatan tersebut diarahkan untuk memperkuat praktik ekonomi sirkular pada rantai produksi kopi, yaitu memanfaatkan kembali residu sebagai sumber daya (De Corato, 2020). Konsep tersebut sejalan dengan pendekatan ekonomi sirkular yang menekankan pengurangan limbah, pemanfaatan kembali sumber daya, dan perbaikan sistem produksi (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2017).

Tujuan pengabdian ini adalah meningkatkan pengetahuan, keterampilan teknis, penerapan IPTEK, dan orientasi pengelolaan limbah pada UMKM Alir Coffee melalui produksi pupuk organik padat berbasis kulit kopi. Keberdayaan mitra dievaluasi melalui perubahan capaian indikator pada empat aspek: daya saing, penerapan IPTEK, tata nilai, dan keterampilan. Artikel ini melaporkan proses pelaksanaan, luaran nyata, perubahan indikator keberdayaan, serta batasan pengukuran yang masih diperlukan pada tahap pengembangan.

METODE PENELITIAN

Kegiatan menggunakan pendekatan pengabdian partisipatif berbasis pelatihan dan pendampingan praktik. Pendekatan ini selaras dengan prinsip pembelajaran partisipatif yang menempatkan pelaku sebagai pihak aktif dalam memahami persoalan dan merumuskan solusi berdasarkan konteks setempat (Pretty, 1995).. Pelaksanaan inti dilakukan pada Sabtu, 8 Agustus 2026, di rumah produksi UMKM Alir Coffee, Desa Pagentan, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang. Sasaran kegiatan ialah pemilik dan unsur mitra yang terlibat dalam aktivitas pengolahan kopi. Tim pelaksana berasal dari Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang dengan dukungan mahasiswa. Mitra berpartisipasi dalam identifikasi masalah, diskusi, penyediaan bahan baku, dan praktik pengolahan. Jumlah peserta tidak dicantumkan secara eksplisit dalam laporan kemajuan; oleh karena itu, analisis tidak didasarkan pada estimasi jumlah responden. Bahan utama berupa limbah kulit kopi hasil produksi Alir Coffee. Bahan pendukung yang diperkenalkan meliputi sekam, aktivator mikroba komersial (EM4), molase, dan air. Perangkat pendukung yang didokumentasikan terdiri atas wadah komposter/*compost bag,* alat penyemprot, dan alat pemantau pH serta kelembapan. Tahapan pengolahan yang dijadikan pedoman teknis disajikan pada Tabel 1. Kisaran kondisi proses dalam pedoman merupakan parameter operasional kegiatan, bukan hasil pengukuran kontinu seluruh siklus pengomposan.

Tabel 1. Tahapan penerapan teknologi pengolahan kulit kopi pada mitra

Tahap	Kegiatan utama	Keluaran/kendali proses
Persiapan	Memilah kulit kopi, membersihkan kontaminan, dan mencacah bahan.	Bahan baku siap diolah.
Formulasi	Mencampur kulit kopi, sekam, aktivator mikroba, molase, dan air.	Kelembapan bahan diarahkan sekitar 50–60%.
Pengomposan	Menempatkan campuran pada wadah komposter; membalik berkala.	Pedoman proses ±14–21 hari; pembalikan setiap 3–5 hari untuk menjaga kondisi aerob.
Pematangan	Mengamati perubahan bau dan tekstur; mengeringkan dan mengayak.	Bahan lebih gembur dan bau menyengat berkurang; pengemasan setelah pematangan.
Pendampingan	Mendiskusikan kendala, mengenalkan instrumen, dan menyusun SOP.	Acuan proses sederhana untuk pengulangan oleh mitra.

Pengumpulan informasi dilakukan melalui identifikasi kondisi awal, pengamatan pelaksanaan, dokumentasi foto, keberadaan produk percontohan dan SOP, serta matriks evaluasi tingkat keberdayaan pada lampiran laporan kemajuan. Dokumentasi kegiatan juga memperlihatkan pelaksanaan pre-test, tetapi data skor individual dan rincian jumlah responden pre-test tidak tercantum. Oleh sebab itu, penilaian hasil difokuskan pada matriks keberdayaan, bukan analisis berpasangan nilai tes peserta. Matriks evaluasi memuat 20 indikator yang dikelompokkan ke dalam empat aspek, yakni daya saing (4 indikator), penerapan IPTEK (5 indikator), tata nilai (4 indikator), dan keterampilan (7 indikator). Nilai capaian dicatat sebelum serta setelah pelaksanaan program pada skala 0–100%. Skor rata-rata aspek dituliskan sebagaimana tercantum pada laporan; perubahan dihitung sebagai skor akhir dikurangi skor awal dalam satuan poin persentase (pp). Analisis dilakukan secara deskriptif tanpa uji signifikansi, karena mekanisme pemberian skor dan data mentah tingkat peserta tidak tersedia. Dengan demikian, nilai persentase merepresentasikan skor capaian indikator program dan tidak boleh diartikan sebagai proporsi responden.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi awal dan keterlibatan mitra

Identifikasi awal memperlihatkan dua kebutuhan yang saling berkaitan: penanganan residu organik dan penguatan kapasitas usaha. Kulit kopi yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal berpeluang menambah beban limbah, sementara mitra belum memiliki pengetahuan teknis serta SOP pengolahan. Kesiapan lokasi praktik dan kedekatan mitra dengan jejaring petani merupakan modal untuk menerapkan pengolahan berskala sederhana. Program kemudian dirancang bukan hanya untuk menghasilkan produk percontohan, melainkan untuk mendorong pengulangan proses oleh mitra. Rangkaian kegiatan dimulai dengan pemaparan potensi kulit kopi, pengelolaan limbah, prinsip pengomposan, dan konsep ekonomi sirkular. Sesi diskusi memberikan ruang bagi mitra untuk menautkan materi dengan kondisi pengolahan kopi sehari-hari. Foto dalam laporan mendokumentasikan kegiatan pre-test dan penyampaian materi serta interaksi peserta selama pelatihan (Gambar 1). Pendekatan partisipatif ini penting karena perubahan praktik pengelolaan limbah membutuhkan pemahaman sekaligus kemampuan melakukan proses, bukan sekadar mengetahui manfaat produk.



Gambar 1. Dokumentasi pre-test (kiri) dan penyampaian materi pelatihan kepada mitra (kanan). Sumber: dokumentasi tim PPM, 2026.

Transfer teknologi pengomposan dan luaran produk

Pada tahap praktik, mitra dikenalkan pada pengumpulan dan pencacahan kulit kopi, pengaturan campuran kulit kopi–sekam, penggunaan aktivator mikroba, serta penambahan air sampai kondisi lembap. Pedoman pelatihan menetapkan kelembapan sekitar 50–60%, waktu pengomposan ±14–21 hari, dan pembalikan setiap 3–5 hari. Pada akhir proses, bahan diarahkan melalui tahap pematangan, pengeringan, pengayakan, dan pengemasan. Kelembapan serta aerasi perlu dikendalikan untuk menghindari kondisi anaerob dan untuk mendukung proses penguraian yang lebih seragam. Menurut Azim et al. (2018) dan Onwosi et al. (2017), sifat bahan baku, kelembapan, dan suplai oksigen merupakan faktor yang berperan dalam dinamika pengomposan dan mutu kompos akhir. Akan tetapi, lama pematangan aktual dapat berbeda menurut karakteristik bahan dan lingkungan, sehingga jadwal tersebut perlu dibaca sebagai panduan awal, bukan jaminan kematangan.

Perangkat yang diperkenalkan meliputi komposter, alat pemantau pH/kelembapan, serta peralatan pencampuran dan penyemprotan. Foto menunjukkan keberadaan sarana komposter dan produk pupuk organik padat dengan identitas kemasan "COFI GROW" (Gambar 2). Kehadiran produk percontohan memberi objek pembelajaran nyata kepada mitra, sedangkan SOP yang disusun berfungsi untuk mengurangi ketergantungan terhadap pendamping eksternal pada produksi berikutnya. Dokumentasi tersebut mendukung klaim bahwa produk percontohan telah dibuat, tetapi tidak secara otomatis membuktikan kesesuaian pupuk terhadap spesifikasi mutu komersial.



Gambar 2. Sarana komposter (kiri) dan contoh pengemasan produk pupuk organik padat COFI GROW (kanan). Sumber: dokumentasi tim PPM, 2026.

Dadi et al. (2019) menekankan bahwa kompos dari limbah kopi memerlukan pengelolaan komposisi serta penilaian mutu akhir. Bernal et al. (2009) menjelaskan bahwa penurunan bau dan perubahan penampilan fisik dapat menjadi petunjuk lapangan, tetapi indikator kematangan yang lebih kuat memerlukan pengukuran seperti kestabilan bahan organik, karakter kimia, dan potensi fitotoksisitas. Parameter biologis, termasuk aktivitas mikroba, juga dapat digunakan sebagai informasi pendukung untuk mengevaluasi stabilitas dan kematangan kompos (Tiquia, 2005). Diperlukan pengujian pH, kadar air, C-organik, N, P, K, rasio C/N, serta parameter keamanan perlu direncanakan sesuai tujuan pemanfaatan pupuk. Kajian kompos untuk penggunaan pertanian turut menekankan pentingnya kesesuaian kandungan hara dan pemeriksaan potensi kontaminan; jenis bahan baku perlu diperhitungkan saat menilai risikonya (Hargreaves et al., 2008).

Perubahan capaian keberdayaan mitra

Lampiran evaluasi keberdayaan menunjukkan perubahan skor pada seluruh aspek penilaian (Tabel 2). Kenaikan terbesar secara absolut dicatat pada daya saing mitra, yakni 80 pp, disusul penerapan IPTEK sebesar 76 pp, keterampilan sebesar 74 pp, dan tata nilai sebesar 60 pp. Hasil tersebut menggambarkan perubahan yang tercatat dalam matriks program sesudah pelatihan; karena merupakan hasil penilaian internal tanpa data mentah responden, interpretasinya dibatasi sebagai capaian program pada tahap pelaksanaan.

Tabel 2. Perubahan skor rata-rata capaian keberdayaan mitra

Aspek keberdayaan	Sebelum PPM	Sesudah PPM	Perubahan (pp)
Daya saing mitra	5%	85%	+80
Penerapan IPTEK	10%	86%	+76
Tata nilai/pengelolaan limbah	25%	85%	+60
Keterampilan produksi	10%	84%	+74

Rincian indikator pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa capaian terkait pemanfaatan residu, penggunaan sarana proses, pemahaman ekonomi sirkular, serta kemampuan memproduksi pupuk secara mandiri sama-sama mengalami peningkatan. Capaian pemanfaatan limbah kulit kopi, misalnya, berubah dari 0% menjadi 80%, sedangkan kemampuan menggunakan compost bag meningkat dari 0% menjadi 90%. Adanya peningkatan indikator belum identik dengan bukti bahwa 80% dari total massa limbah telah berhasil dikelola dalam periode tertentu, sebab catatan neraca massa limbah tidak dilaporkan.

Tabel 3. Contoh indikator terpilih sebelum dan setelah program

Indikator kegiatan	Sebelum	Sesudah
Pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi produk bernilai tambah	0%	80%

Indikator kegiatan	Sebelum	Sesudah
Pengetahuan kulit kopi sebagai bahan baku pupuk organik	20%	90%
Penggunaan compost bag	0%	90%
Monitoring pH, kelembapan, dan kondisi proses	10%	80%
Pemahaman zero waste dan ekonomi sirkular	20%	85%
Keterampilan produksi pupuk organik secara mandiri	0%	80%

Peningkatan aspek keterampilan relevan dengan sasaran utama program, yakni membangun kemampuan mitra untuk menangani kulit kopi secara mandiri. Aspek IPTEK mencakup pemahaman konsep dasar, kemampuan mengoperasikan komposter, monitoring, dan penerapan SOP. Sementara itu, aspek tata nilai mengukur orientasi pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan. Kombinasi ketiganya mendukung proses pembelajaran teknologi sederhana yang dapat diulang di lingkungan produksi, meskipun keberlanjutan jangka panjang tetap perlu diamati melalui produksi berulang dan pencatatan operasional. Pemanfaatan kulit kopi menjadi pupuk organik padat membuka kemungkinan hubungan yang lebih sirkular antara pelaku pengolahan kopi dan petani pemasok. Kulit kopi dapat kembali menjadi bahan masukan pertanian setelah melalui pengolahan yang memadai, sedangkan diversifikasi produk menawarkan sumber nilai tambah yang sebelumnya tidak dimiliki mitra. Model tersebut sejalan dengan kajian pemanfaatan limbah pertanian melalui pengomposan untuk mendukung sirkularitas bahan organik (De Corato, 2020). Namun, potensi nilai ekonomi belum dapat disamakan dengan peningkatan pendapatan yang telah terukur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pelatihan dan pendampingan partisipatif di UMKM Alir Coffee berhasil memperkenalkan alur pengolahan limbah kulit kopi menjadi produk percontohan pupuk organik padat, menyediakan sarana pengomposan, dan mendukung penyusunan SOP sederhana. Berdasarkan matriks evaluasi internal kegiatan, skor capaian daya saing meningkat dari 5% menjadi 85%, penerapan IPTEK dari 10% menjadi 86%, tata nilai dari 25% menjadi 85%, dan keterampilan dari 10% menjadi 84%. Capaian ini menunjukkan penguatan kapasitas awal mitra untuk memanfaatkan residu kopi melalui pendekatan ekonomi sirkular. Kegiatan lanjutan disarankan mencakup verifikasi komposisi bahan serta pengujian mutu dan kematangan pupuk, pengukuran massa kulit kopi yang diproses per batch, pemantauan penerapan SOP selama beberapa siklus produksi, dan penghitungan biaya serta kelayakan penjualan. Evaluasi keberdayaan berikutnya perlu melaporkan jumlah peserta, rubrik penskoran, data awal–akhir per individu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang melalui pendanaan Pengabdian kepada Masyarakat DIPA Reguler Kompetisi Tahun 2026 (SP DIPA-139.03.2.693474/2026), Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Malang, UMKM Alir Coffee beserta seluruh peserta pelatihan, dan mahasiswa Jurusan Teknik Kimia yang mendukung pelaksanaan serta dokumentasi kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: A literature review. Organic Agriculture, 8, 141–158. https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z

Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresource Technology, 100(22), 5444–5453. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027

Dadi, D., Daba, G., Beyene, A., Luis, P., & Van der Bruggen, B. (2019). Composting and co-composting of coffee husk and pulp with source-separated municipal solid waste: A

breakthrough in valorization of coffee waste. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 8(3), 263–277. https://doi.org/10.1007/s40093-019-0256-8

De Corato, U. (2020). Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. Science of the Total Environment, 738, 139840. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139840

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy—A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production, 143, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Hargreaves, J. C., Adl, M. S., & Warman, P. R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment, 123(1–3), 1–14. https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.004

Jiang, Z., Lou, Y., Liu, X., Sun, W., Wang, H., Liang, J., Guo, J., Li, N., & Yang, Q. (2023). Combined application of coffee husk compost and inorganic fertilizer to improve the soil ecological environment and photosynthetic characteristics of Arabica coffee. Agronomy, 13(5), 1212. https://doi.org/10.3390/agronomy13051212

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2019). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 01 Tahun 2019 tentang Pendaftaran Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah. https://peraturan.bpk.go.id/Details/161054/permentan-no-01-tahun-2019

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling, 127, 221–232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005

Lee, Y.-G., Cho, E.-J., Maskey, S., Nguyen, D.-T., & Bae, H.-J. (2023). Value-added products from coffee waste: A review. Molecules, 28(8), 3562. https://doi.org/10.3390/molecules28083562

Murthy, P. S., & Madhava Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. Resources, Conservation and Recycling, 66, 45–58. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005

Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. Food and Bioprocess Technology, 4, 661–672. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z

Onwosi, C. O., Igbokwe, V. C., Odimba, J. N., Eke, I. E., Nwankwoala, M. O., Iroh, I. N., & Ezeogu, L. I. (2017). Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. Journal of Environmental Management, 190, 140–157. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051

Pandey, A., Soccol, C. R., Nigam, P., Brand, D., Mohan, R., & Roussos, S. (2000). Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal, 6(2), 153–162. https://doi.org/10.1016/S1369-703X(00)00084-X

Pretty, J. N. (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. World Development, 23(8), 1247–1263. https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F

Tiquia, S. M. (2005). Microbiological parameters as indicators of compost maturity. Journal of Applied Microbiology, 99(4), 816–828. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02673.x

Yunita, L., Auliandari, L., & Hendra. (2024). Pupuk kompos kulit buah kopi (Coffea arabica L.) sebagai panduan P5 SMA. Jurnal Esabi (Jurnal Edukasi dan Sains Biologi), 6(2), 102–113. https://doi.org/10.37301/esabi.v6i2.92