



Inovasi Pot Biodegradable Berbasis Jerami Padi sebagai Solusi Alternatif Pengganti Pot Plastik Ramah Lingkungan

Innovation of Biodegradable Pots based on Rice Straw as an Alternative Solution to Replace Environmentally Friendly Plastic Pots

Agil Raihan Majid¹, Aulia Wahyu Nur Saputri², Dinda Aulia Dwianjani³, Jedidiah Donniar Yajnavido⁴, Karin Nadia Kurniawan⁵, Nabila Triana⁶, Putri Faliza Sulistyawati⁷, Rizka Preti Febriana⁸, Rosa Estri Kinash⁹, Thirza Amaris Gusma¹⁰

¹⁻¹⁰Universitas Sebelas Maret, Indonesia

*Penulis Korespondensi: kknringinanom238@gmail.com

Article History:

Naskah Masuk: 2 September, 2025

Revisi: 22 September, 2025

Diterima: 7 Oktober, 2025

Tersedia: 9 Oktober, 2025

Keywords: Biodegradable Pot Circular Economy; Participatory Action Research; Rice Straw; Sustainable Agriculture

Abstract. The use of plastic as planting containers remains a serious environmental issue due to its non-biodegradable nature, which can contaminate soil and water. One solution is to utilize rice straw waste as a raw material for biodegradable pots. This innovation can reduce dependence on plastic pots while providing ecological and economic benefits. Rice straw-based pots offer several advantages, including easy decomposition in soil, enhancing soil fertility, and reducing pollution caused by straw burning. This study aims to utilize rice straw waste to produce environmentally friendly biodegradable pots as an alternative to plastic containers. The method employed is Participatory Action Research (PAR), emphasizing collaboration between students and teachers through hands-on learning. The activities include socialization, practical training on making rice straw pots, participatory evaluation, and the use of the pots as planting media. The results showed that 100% of participants successfully produced high-quality rice straw pots, with positive responses reflected in high satisfaction and increased understanding of recycling concepts. The rice straw pots decompose within 2–3 months, add organic matter to the soil, and create opportunities for a circular economy. The main challenge identified is the relatively short durability of the pots, requiring innovations using natural adhesives or material combinations to enhance resilience. These findings reinforce the potential of rice straw as a solution for agricultural waste management and community empowerment toward sustainable agriculture.

Abstrak

Penggunaan plastik sebagai wadah tanam masih menjadi masalah lingkungan serius karena sulit terurai dan dapat mencemari tanah maupun air. Salah satu solusi adalah memanfaatkan limbah jerami padi sebagai bahan baku pot biodegradable. Inovasi ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap pot plastik sekaligus memberikan nilai tambah ekologis dan ekonomis. Pot berbahan jerami padi memiliki keunggulan, antara lain mudah terurai di tanah, mendukung kesuburan tanah, serta mengurangi polusi akibat pembakaran jerami. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah jerami padi sebagai pot biodegradable ramah lingkungan sekaligus sebagai alternatif pengganti pot plastik. Metode yang digunakan adalah Participatory Action Research (PAR), menekankan kolaborasi siswa dan guru melalui pembelajaran langsung. Tahapan kegiatan mencakup sosialisasi, pelatihan pembuatan pot jerami, evaluasi partisipatif, dan pemanfaatan produk sebagai media tanam. Hasil menunjukkan 100% peserta berhasil membuat pot jerami berkualitas, dengan respon positif dari siswa berupa tingkat kepuasan tinggi dan pemahaman meningkat tentang daur ulang. Pot jerami terurai dalam 2–3 bulan, menambah bahan organik tanah, dan membuka peluang ekonomi sirkular. Kendala yang ditemukan adalah daya tahan pot relatif singkat, sehingga perlu inovasi perekat alami atau kombinasi bahan lain untuk meningkatkan ketahanan. Temuan ini memperkuat potensi jerami padi sebagai solusi pengelolaan limbah pertanian dan pemberdayaan masyarakat menuju pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: Ekonomi Sirkular; Jerami Padi; *Participatory Action Research*; Pertanian Berkelanjutan; Pot Biodegradable

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara agraris yang memiliki produksi padi sangat tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2023, produksi padi nasional mencapai lebih dari 54 juta ton gabah kering giling per tahun. Dari angka tersebut, sekitar 50% akan menyisakan limbah berupa jerami padi. Sayangnya, jerami sering dianggap tidak memiliki nilai ekonomi dan banyak dibakar oleh petani, sehingga mengakibatkan pencemaran udara, degradasi kualitas tanah, dan berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca (Hidayat, 2021). Di sisi lain, penggunaan plastik sebagai wadah tanam seperti *polybag* atau pot konvensional terus meningkat. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2022, menunjukkan bahwa sampah plastik di Indonesia mencapai 5,4 juta ton per tahun. Plastik membutuhkan waktu ratusan tahun untuk terurai, sehingga menimbulkan masalah lingkungan yang serius. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif berupa pot ramah lingkungan yang mudah terurai di tanah.

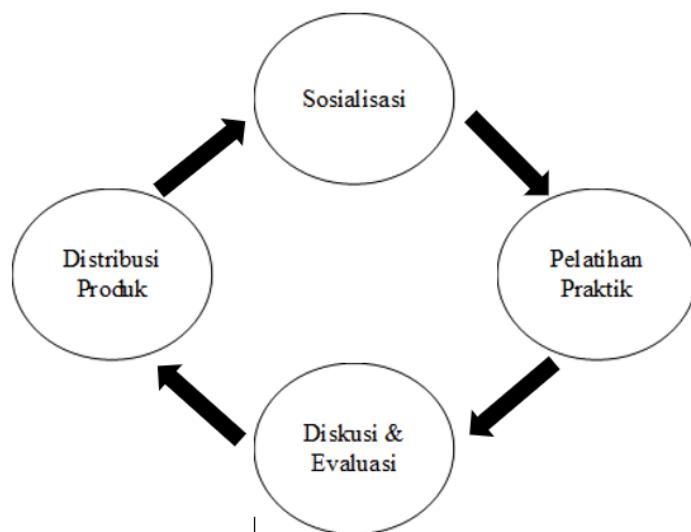
Pada situasi ini, terkadang limbah jerami yang tidak digunakan dan hanya dibakar begitu saja, sehingga menimbulkan udara kotor atau polusi udara. Selain digunakan untuk pakan ternak sapi dan kambing, limbah jerami yang melimpah dapat digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan kreativitas tangan, dan dapat menambah nilai guna dari limbah jerami tersebut. Kegiatan praktik pembuatan biodegradable pot dari jerami padi merupakan salah satu upaya pembelajaran berbasis lingkungan yang bertujuan untuk mengenalkan konsep ramah lingkungan kepada masyarakat terutama peserta didik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa jerami padi memiliki kandungan lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produk biodegradable (Wulandari, 2021). Jerami sebagai limbah pertanian yang melimpah, memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan kembali menjadi produk bermanfaat. *Biodegradable* pot berbahan jerami padi dapat menjadi solusi, selain mengurangi limbah pertanian, pot ini juga bisa langsung ditanam bersama bibit ke tanah sehingga mengurangi stres pada akar tanaman. Pot jerami juga memiliki nilai tambah ekonomi, karena dapat menjadi peluang usaha baru di sektor pertanian kreatif. Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan jerami untuk produk ramah lingkungan mampu meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya daur ulang (Rahmawati, 2020).

Melalui kegiatan ini masyarakat diajak untuk memahami pentingnya daur ulang, kreativitas, serta inovasi dalam mengurangi limbah dan menjaga kelestarian lingkungan. Dengan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan untuk menjelaskan potensi, metode pembuatan, serta

manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi dari biodegradable pot berbahan jerami padi.

2. METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat ini melibatkan siswa kelas 11 dan 12 serta guru di MA Miftahul Lubab sebagai subjek pengabdian, yang dilaksanakan di lokasi sekolah tersebut. Keterlibatan subjek dampingan dalam proses perencanaan dan pengorganisasian komunitas dilakukan secara partisipatif, di mana tim pengabdi melakukan observasi awal dan diskusi dengan pihak sekolah untuk mengidentifikasi kebutuhan serta merancang agenda kegiatan bersama. Seluruh proses perencanaan hingga evaluasi melibatkan partisipasi aktif dari para siswa dan guru, sehingga kegiatan benar-benar berbasis pada kebutuhan dan kondisi komunitas setempat. Metode atau strategi riset yang digunakan adalah *participatory action research* (PAR), yang menekankan pada pendekatan kolaboratif dan pembelajaran langsung (*learning by doing*) untuk mencapai tujuan peningkatan *awareness* lingkungan dan kapasitas produksi pot jerami. Tahapan kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan melalui empat fase berurutan, dimulai dari sosialisasi materi *biodegradable* pot, dilanjutkan dengan pelatihan praktik pembuatan pot, kemudian diskusi dan evaluasi partisipatif, serta diakhiri dengan distribusi produk sebagai media tanam dan contoh nyata pemanfaatan limbah jerami bagi sekolah.



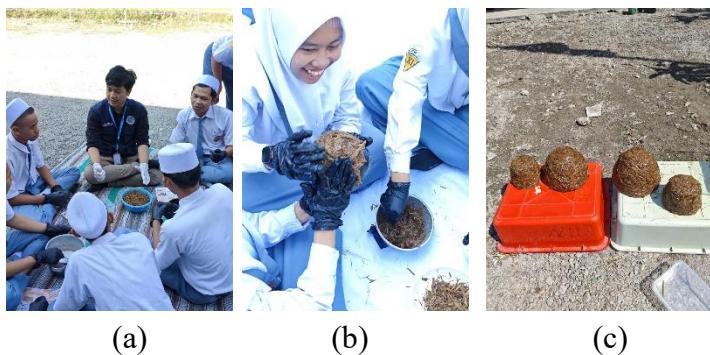
Gambar 1. Diagram Metode Pelaksanaan

3. HASIL

Kegiatan sosialisasi dan praktik pembuatan biodegradable pot jerami dilaksanakan pada tanggal 4 Agustus 2025 di MA Miftahul Lubab, dengan melibatkan 40 siswa kelas XI dan XII. Kegiatan diawali dengan pemaparan materi di dalam kelas yang mencakup pengertian, manfaat, tujuan, dan langkah-langkah pembuatan biodegradable pot jerami. Penyampaian materi dilakukan melalui presentasi menggunakan proyektor serta didukung dengan pembagian selebaran informasi singkat. Setelah sesi tanya jawab, kegiatan dilanjutkan dengan praktik pembuatan pot jerami.

Praktik pembuatan *biodegradable* pot jerami dilakukan setelah pemaparan materi dan sesi tanya jawab selesai. Alat dan bahan telah disiapkan secara sederhana agar mudah ditemukan oleh peserta, antara lain jerami padi, tepung tapioka sebagai perekat alami, air panas, dan cetakan pot. Seluruh siswa terlibat aktif dalam praktik dan dibagi menjadi empat kelompok. Masing-masing kelompok didampingi oleh satu penanggung jawab dari tim KKN, sehingga proses berjalan terarah. Untuk memberikan gambaran nyata, fasilitator juga menunjukkan contoh pot jerami yang telah selesai dibuat. Proses komunikasi interaktif antara fasilitator dan peserta menjadikan pembelajaran lebih efektif, sejalan dengan konsep *learning by doing* dalam *Participatory Action Research* (PAR).

Pembuatan pot ini diawali dengan memotong kecil jerami padi yang sudah tersedia lalu direbus kurang lebih selama 5 menit untuk membunuh jamur dan spora yang ada pada jerami tersebut. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan lem perekat dari tepung tapioka. Tepung tapioka dimasak dengan air panas dan diaduk hingga benar mengental dan berbentuk seperti gel. Campurkan jerami yang sudah direbus ke dalam lem yang sudah dibuat. Aduk hingga jerami merata dan menutup lem perekat tersebut. Cetak sesuai dengan bentuk cetakan pot yang sudah tersedia dan keringkan selama 1-2 hari. Proses pengeringan ini membutuhkan waktu 1-2 hari untuk memastikan pot tersebut benar-benar kering dan dapat digunakan. Hasil produk dapat digunakan sebagai media tanam untuk tanaman hias atau tanaman dengan kebutuhan air relatif rendah (Saha & Hariprasad, 2022).



Gambar 2. (a) Metode PAR pada Pembuatan Biodegradable Pot Jerami (b) Proses Pembuatan Biodegradable Pot Jerami oleh Siswa (c) Hasil Pembuatan Pot Biodegradable

Tingkat keberhasilan kegiatan ini dapat dikatakan sangat baik karena seluruh siswa berhasil menyelesaikan pembuatan pot jerami dengan kualitas yang memadai dari segi bentuk, kekuatan, dan daya guna. Respon siswa juga sangat positif, ditunjukkan dengan antusiasme tinggi serta meningkatnya pemahaman mengenai pentingnya inovasi ramah lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran partisipatif mampu meningkatkan keterampilan sekaligus kesadaran ekologi peserta, sebagaimana juga ditemukan oleh penelitian sebelumnya (Dara & Kesavan, 2025), bahwa metode pembelajaran berbasis partisipasi efektif dalam meningkatkan *environmental awareness*.

Dari sisi karakteristik bahan baku, jerami padi memiliki kandungan lignoselulosa yang menjadikannya cukup kuat untuk digunakan sebagai bahan dasar produk biodegradable (Wulandari, 2021). Dengan perlakuan perebusan dan penggunaan perekat alami, jerami dapat dicetak menjadi wadah tanam yang padat dan tahan terhadap air dalam jangka waktu tertentu. Dari aspek ekologis, pot jerami terbukti dapat terurai dalam tanah dalam waktu 2–3 bulan. Selama proses dekomposisi, jerami menambah kandungan bahan organik, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kapasitas retensi air (Hidayat, 2021). Dengan demikian, pot jerami jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan pot plastik yang membutuhkan ratusan tahun untuk terurai.

Selain itu, pot jerami juga memiliki manfaat sosial dan ekonomi. Produksi pot berbasis limbah pertanian ini berpotensi membuka peluang usaha baru di sektor agribisnis dan mendukung ekonomi sirkular. Menurut penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Putri (2022), produk ramah lingkungan semakin diminati konsumen, terutama di kalangan urban yang peduli terhadap isu keberlanjutan (*green consumerism*). Hal ini sejalan dengan penelitian Mihai (2023), yang

menyatakan bahwa pengembangan ekonomi sirkular di sektor pertanian dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa melalui pemanfaatan limbah pertanian. Produk-produk ramah lingkungan semakin diminati konsumen, terutama kalangan urban yang peduli lingkungan.

Namun demikian, terdapat beberapa kendala yang perlu diperhatikan. Daya tahan pot jerami masih relatif singkat dibandingkan pot plastik. Serat jerami memiliki keterbatasan dalam ketahanan terhadap air, sehingga diperlukan inovasi lebih lanjut dalam formulasi perekat alami maupun kombinasi dengan serat lain, seperti serat bambu, ampas tebu, atau serat kelapa (Wulandari, 2021). Kombinasi serat alam mampu meningkatkan kekuatan dan daya tahan produk biodegradable (Knapke et., 2024). Inovasi pada perekat alami diperlukan agar pot lebih kuat dan tidak mudah hancur saat penyiraman. Namun, kelemahan ini bisa diatasi dengan kombinasi material lain seperti serat bambu atau ampas tebu. Dengan demikian, pengembangan lebih lanjut dalam aspek teknis masih sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas produk dan memperluas penerapannya.

4. DISKUSI

Keberhasilan kegiatan pengabdian masyarakat ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran partisipatif melalui praktik langsung benar-benar efektif dalam mentransfer pengetahuan dan keterampilan kepada peserta. Interaksi intens antara fasilitator dan peserta menciptakan sebuah dinamika kelompok yang positif. Peserta tidak hanya menjadi objek penerima, tetapi menjadi subjek aktif dalam pembelajaran. Hal ini sejalan dengan teori pembelajaran orang dewasa (andragogi) yang menekankan pada keterlibatan aktif, konteks relevan, dan pemecahan masalah secara nyata (aktif dan relevansi praktis) (Knapke, 2024).

Dari aspek teknis, temuan bahwa jerami padi dapat dicetak menjadi pot yang fungsional memperkuat penelitian sebelumnya, yang menyatakan bahwa kandungan lignoselulosa pada jerami menjadikannya material yang kuat dan cocok untuk produk biodegradable (Wulandari, 2021). Proses perebusan yang dilakukan tidak hanya membersihkan material tetapi juga melembutkan serat jerami, sehingga dapat dicetak. Namun, daya tahan pot yang masih terbatas terhadap air, seperti yang diidentifikasi dalam kegiatan ini, menjadi tantangan teknis. Hal tersebut juga disebabkan karena bahan lignoselulosa cenderung mengalami degradasi dan kehilangan kekuatan dalam kondisi kelembapan (Dong et al., 2023). Temuan ini mengindikasikan bahwa inovasi pada komposisi material, seperti penambahan serat alam lain (serat bambu atau ampas

tebu) atau proporsi perekat tapioka, masih sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas produk. Mekanisme degradasi mikroba terhadap lignoselulosa sangat ditentukan oleh interaksi enzim selulase, hemiselulase, dan ligninase dalam konteks spesifik substrat dan kondisi mikroba (Chen, 2025). Selain itu, jamur merupakan agen efektif dalam degradasi lignoselulosa, dan kondisi lingkungan (kelembapan, pH, oksigen) mempengaruhi aktivitas enzimatik tersebut (Sánchez, 2009). Pada jerami sejenis (oat dan barley) dapat dimanfaatkan sebagai pengganti kayu dalam bahan ringan, dengan catatan bahwa ikatan antar serat memerlukan pemrosesan (mekanik, panas) untuk memperkuat penyambungan (Borrega, 2022). Strategi pemrosesan kombinasi (pretreatment asam-basa dan agen mikroba) juga disarankan dalam literatur untuk meningkatkan dekomposisi jerami secara efisien (Wu et al., 2025).

Berdasarkan temuan ini, dapat dikemukakan bahwa proses perebusan yang dilakukan berfungsi sebagai pra-perlakuan (pretreatment) untuk melemahkan struktur selulosa dan lignin, sehingga serat lebih mudah dibentuk. Namun, agar pot yang dihasilkan tahan air lebih baik, diperlukan inovasi pada komposisi material, misalnya dengan menambahkan serat alam lain (serat bambu, ampas tebu) untuk meningkatkan daya ikat mekanik dan porositas optimal. Kemudian, menyesuaikan proporsi perekat (tapioka, polimer alam) untuk menjaga fleksibilitas dan daya rekat. Menerapkan perlakuan pasca-cetak seperti pelapisan semi-hidrofobik (natural wax atau resin alam) dan mencoba mikroenkapsulasi atau pengikatan silang (*cross linking*) ringan agar stabilitas terhadap air meningkat tanpa mengorbankan biodegradabilitas.

Dari perspektif sosial, antusiasme peserta dan keinginan mereka untuk mengembangkan usaha ini merupakan indikator awal dari perubahan sosial yang diharapkan, yaitu peralihan dari paradigma memandang jerami sebagai limbah menjadi sumber daya yang bernilai ekonomi. Hal ini sejalan dengan temuan Putri (2022) yang mengungkapkan adanya tren pasar yang semakin menyukai produk ramah lingkungan (*green consumerism*), terutama di kalangan urban. Oleh karena itu, produk pot jerami tidak hanya memiliki nilai ekologis, tetapi juga berpotensi menjadi peluang ekonomi kreatif berbasis komunitas (*community-based enterprise*), yang dapat memberdayakan masyarakat pedesaan.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian masyarakat ini tidak hanya berhasil dalam transfer keterampilan teknis, tetapi telah menanamkan kesadaran ekologis dan kewirausahaan kepada sasaran yaitu siswa. Keberlanjutan program pasca kegiatan, seperti pendampingan lanjutan dan

akses ke pasar, menjadi kunci untuk mentransformasikan peluang ini agar menjadi perubahan sosial yang nyata dan berkelanjutan.

5. KESIMPULAN

Biodegradable pot jerami dari padi merupakan inovasi yang mampu menjawab dua permasalahan sekaligus yaitu pengelolaan limbah pertanian dan pengurangan penggunaan pot plastik. Pot biodegradable ini mudah dibuat, ramah lingkungan, serta memiliki potensi ekonomi kedepannya. Meski memiliki kendala dari segi daya tahan, pot jerami tetap relevan sebagai solusi pertanian berkelanjutan. Dukungan pemerintah, akademisi, dan masyarakat sangat penting untuk mendorong pengembangan produk ini menjadi usaha yang berkelanjutan.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Kami menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam kesuksesan kegiatan pengabdian masyarakat ini. Ucapan terima kasih yang mendalam kami sampaikan kepada Kepala Sekolah dan seluruh staf pengajar MA Miftahul Lubab yang telah memberikan izin, fasilitas, serta dukungan moral sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan lancar. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada siswa-siswi kelas 11 dan 12 yang telah berpartisipasi aktif dengan antusiasme dan semangat belajar yang tinggi selama proses sosialisasi dan pelatihan berlangsung.

Terima kasih kami sampaikan kepada tim kelompok KKN yang telah membantu dalam mempersiapkan alat dan bahan, mendampingi peserta selama praktik, serta memastikan seluruh rangkaian kegiatan dapat terlaksana sesuai dengan rencana. Penghargaan juga kami sampaikan kepada para pemerhati lingkungan dan peneliti yang karyanya menjadi referensi dan landasan teoritis dalam pengembangan produk biodegradable pot jerami. Tidak lupa, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan moral maupun material dalam mensukseskan program ini. Tanpa dukungan dari semua pihak, kegiatan ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik dan mencapai tujuan yang diharapkan.

DAFTAR REFERENSI

- Borrega, M., Hinkka, V., Hörhammer, H., Kataja, K., Kenttä, E., Ketoja, J. A., ... & Tanaka, A. (2022). Utilizing and valorizing oat and barley straw as an alternative source of lignocellulosic fibers. *Materials*, 15(21), 7826. <https://doi.org/10.3390/ma15217826>
- Chen, M., Li, Q., Liu, C., Meng, E., & Zhang, B. (2025). Microbial degradation of lignocellulose for sustainable biomass utilization and future research perspectives. *Sustainability*, 17(9), 4223. <https://doi.org/10.3390/su17094223>
- Dara, V. L., & Kesavan, C. (2025). Analyzing the concept of participatory learning: Strategies, trends and future directions in education. *Kybernetes*, 54(7), 3882–3915. <https://doi.org/10.1108/K-12-2023-2581>
- Dong, T., Chen, W., Cai, C., Bai, F., Zhou, Z., Wang, J., & Li, X. (2023). Water-stable, strong, biodegradable lignocellulose straws replacement for plastic straws. *Chemical Engineering Journal*, 451, 138970. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138970>
- idayat, A. (2021). Dampak pembakaran jerami padi terhadap lingkungan. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 15(2), 45–56.
- Kehutanan, Kementerian Lingkungan Hidup dan. (2022). *Laporan tahunan pengelolaan sampah plastik di Indonesia*.
- Knapke, J. M., Hildreth, L., Molano, J. R., Schuckman, S. M., Blackard, J. T., Johnstone, M., ... & Mendell, A. (2024). Andragogy in practice: Applying a theoretical framework to team science training in biomedical research. *British Journal of Biomedical Science*, 81, 12651. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.12651>
- Mihai, F. C. (2023). Circular economy and sustainable rural development. *Sustainability*, 15(3), 2139. <https://doi.org/10.3390/su15032139>
- Putri, D. A. (n.d.). Tren konsumsi produk ramah lingkungan di perkotaan. *Jurnal Ekonomi Hijau*, 10.
- Rahmawati, S., & Yuniar, R. (2020). Pemanfaatan limbah jerami padi menjadi produk inovatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(3), 67–75.
- Saha, S., & Hariprasad, P. (2022). Paddy straw-based biodegradable horticultural pots: An integrated greener approach to reduce plastic waste, valorize paddy straw and improve plant health. *Journal of Cleaner Production*, 130588. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130588>
- Sánchez, C. (2009). Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances*, 27(2), 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.11.001>
- Singh, S., Nagdeve, L., Kumar, H., & Dhakar, K. (2023). Rice straw based natural fiber reinforced polymer for sustainable bio-composites: A systematic review. *Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, 1041–1052. <https://doi.org/10.5109/6793661>
- Statistik, Badan Pusat. (2023). *Statistik produksi padi Indonesia*.
- Wu, Q., Zhang, Y., Zhao, L., Wei, Z., Song, C., Pang, C., & Pang, X. (2025). Strategies for

efficient degradation of lignocellulose from straw: Synergistic effects of acid-base pretreatment and functional microbial agents in composting. *Chemical Engineering Journal*, 508, 161048. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.161048>

Wulandari, E. (2021). Potensi lignoselulosa pada jerami sebagai bahan biodegradable. *Jurnal Sains Lingkungan*, 12(1), 12–20.