



Pemanfaatan Sekam Padi dan Residu Sampah melalui Eco-Rocket Stove Dual-Chamber untuk Mendukung Ekonomi Sirkular Masyarakat

Agustian Suseno¹, Arlen Fathu Rangga², Wahyudin³, Sutrisno⁴, Asep Erik Nugraha⁵, Arif setiadi⁶

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

⁶ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bekasi Karawang, Karawang, Indonesia

Received: 2026, 08,29 Accepted: 2026, 09,22

Available online: 2026, 09, 29

*Corresponding author.

E-mail addresses: 2310631140131@student.unsika.ac.id

Kata Kunci :

Pengabdian kepada masyarakat, Eco-Rocket Stove, sekam padi, sampah, ekonomi sirkular, teknologi tepat guna.

Copyright © 2026 Celebes Journal of Community Services. All rights reserved.

Abstrak

Tujuan: Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan memperkenalkan dan menguji penerapan awal *Eco-Rocket Stove Dual-Chamber*, yaitu tungku dua ruang yang memanfaatkan sekam padi sebagai biomassa pendukung untuk membantu pembakaran residu sampah. Kegiatan ini juga mendorong pemanfaatan hasil samping pembakaran sebagai bagian dari pengelolaan sampah dan limbah pertanian secara lebih produktif.

Desain dan Metode Pelaksanaan: Kegiatan menggunakan pendekatan partisipatif yang meliputi identifikasi masalah, sosialisasi, perakitan atau demonstrasi prototipe, pelatihan pengoperasian, pengamatan proses, serta evaluasi awal bersama masyarakat atau pengelola TPS3R. Peserta memperoleh penjelasan tentang pemilahan bahan, pemanfaatan sekam padi, dan keselamatan selama pengoperasian tungku.

Temuan dan Pembahasan: Pengamatan awal menunjukkan bahwa prototipe dapat dioperasikan sebagai alat demonstrasi pembakaran termal. Pada kondisi uji yang dilaporkan dalam proposal, asap visual yang dihasilkan tampak lebih rendah dibandingkan pembakaran terbuka. Sekam padi juga diarahkan untuk diolah menjadi bahan baku briket bioarang, sementara abu dan residu anorganik dipertimbangkan sebagai bahan campuran paving block setelah memenuhi persyaratan teknis dan keselamatan. Namun, penurunan emisi, efisiensi termal, rendemen briket, dan keamanan residu belum dapat dipastikan tanpa pengukuran laboratorium dan pengujian berulang. Kegiatan ini turut meningkatkan pemahaman peserta mengenai pemilahan bahan, keselamatan pembakaran, pemanfaatan biomassa, dan peluang ekonomi sirkular.

Implikasi: *Eco-Rocket Stove Dual-Chamber* berpotensi dikembangkan sebagai teknologi tepat guna bagi pemerintah desa, BUMDes, TPS3R, dan kelompok masyarakat. Penerapannya perlu disertai standar keselamatan, tidak digunakan untuk membakar limbah berbahaya, serta didukung validasi teknis yang memadai sebelum diperluas.

Pendahuluan

Pengelolaan sampah pada tingkat permukiman dan desa sering menghadapi keterbatasan sarana, biaya, kapasitas pengangkutan, dan teknologi pengolahan. Ketika pemilahan dari sumber belum berjalan, sampah organik, anorganik, dan residu bercampur sehingga sulit dimanfaatkan kembali. Sebagian masyarakat kemudian memilih pembakaran terbuka sebagai solusi praktis. Organisasi Kesehatan Dunia menjelaskan bahwa pembakaran sampah terbuka merupakan sumber polusi udara yang berhubungan dengan risiko kesehatan dan membutuhkan pendekatan lintas sektor untuk dikurangi [1]. Pembakaran plastik dan sampah campuran juga berpotensi menghasilkan partikulat, senyawa organik berbahaya, serta residu yang mencemari lingkungan [2]. Oleh sebab itu, teknologi pembakaran tidak boleh dipahami sebagai izin untuk membakar semua jenis sampah, melainkan harus ditempatkan dalam hierarki pengelolaan sampah yang memprioritaskan pengurangan, pemilahan, penggunaan kembali, dan daur ulang.

Kegiatan pengabdian ini penting karena teknologi tidak akan berfungsi hanya melalui penyerahan alat. Masyarakat membutuhkan pengetahuan mengenai bahan yang boleh diproses, bahan yang harus ditolak, cara menyalakan dan mematikan tungku, penggunaan alat pelindung diri, pencatatan operasi, serta batasan keselamatan. Dengan demikian, kegiatan dirancang sebagai proses transfer pengetahuan dan pengujian awal bersama pengguna, bukan sekadar demonstrasi produk.

Tujuan kegiatan adalah: (1) meningkatkan pengetahuan masyarakat atau pengelola TPS3R mengenai risiko pembakaran terbuka dan pemanfaatan sekam padi; (2) memperkenalkan cara kerja Eco-Rocket Stove Dual-Chamber; (3) melatih pengoperasian awal yang aman dan berbasis pemilahan; (4) mengidentifikasi peluang pemanfaatan hasil samping; dan (5) mengumpulkan data awal untuk pengembangan serta validasi teknis berikutnya.

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Solusi

Di wilayah pertanian, sekam padi merupakan residu yang tersedia secara lokal tetapi belum selalu dimanfaatkan secara produktif. Literatur menunjukkan bahwa sekam memiliki potensi untuk diproses melalui pembakaran terkendali, pirolisis, gasifikasi, atau teknologi konversi energi lainnya [3]. Pemanfaatan tersebut memerlukan rancangan alat, pengendalian udara, pengendalian suhu, dan prosedur keselamatan agar manfaat energi tidak menimbulkan risiko baru.

Proposal pengembangan Eco-Rocket Stove Dual-Chamber berangkat dari kebutuhan tersebut. Inovasi ini dirancang sebagai tungku dua ruang. Ruang bawah memanfaatkan sekam padi sebagai biomassa pendukung, sedangkan ruang atas digunakan untuk proses termal terhadap residu sampah yang telah dipilah. Konsep yang ditawarkan menggabungkan efisiensi pembakaran dengan pemanfaatan hasil samping. Abu sekam diarahkan untuk bahan briket bioarang, sedangkan sebagian abu atau residu mineral direncanakan sebagai campuran paving block setelah dilakukan pemeriksaan kelayakan.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan menggunakan pendekatan *participatory action learning*, yaitu masyarakat dilibatkan dalam identifikasi masalah, demonstrasi, praktik terbimbing, pengamatan, dan evaluasi. Desain ini dipilih karena keberhasilan teknologi tepat guna bergantung pada kesesuaian antara alat, kemampuan pengguna, ketersediaan bahan, prosedur keselamatan, dan konteks operasional setempat. Metode pelaksanaan dibagi menjadi empat bagian.

1. Pendekatan Kegiatan

Pendekatan kegiatan menggunakan *participatory action learning* yang melibatkan masyarakat secara aktif dalam identifikasi masalah, demonstrasi, praktik terbimbing, pengamatan, dan evaluasi. Pendekatan ini selaras dengan tujuan program, yaitu membangun pemahaman dan kemandirian mitra dalam mengoperasikan teknologi, bukan sekadar menyerahkan alat.

2. Profil Mitra dan Lokasi

Peserta kegiatan ditujukan kepada pengelola TPS3R, perangkat desa atau BUMDes, kelompok masyarakat, kelompok tani, serta calon operator alat. Kegiatan dilaksanakan di Desa Tanjungbungin, Kecamatan Pakisjaya, Kabupaten Karawang, dengan jumlah peserta 20 orang pada periode 1–30 Juli 2026, bekerja sama dengan Karang Taruna Desa Tanjungbungin. Pemilihan lokasi dan mitra didasarkan pada ketersediaan sekam padi, pengelolaan sampah yang masih mengandalkan pembakaran terbuka, serta kesiapan kelembagaan setempat untuk menjadi calon pengelola teknologi.

3. Tahapan Pelaksanaan

Tahapan kegiatan terdiri atas lima tahap. Tahap pertama adalah persiapan dan pemetaan kebutuhan, meliputi identifikasi sumber sekam, jenis residu sampah, kebiasaan pengelolaan, lokasi operasi, calon operator, serta sarana keselamatan. Tahap kedua adalah sosialisasi mengenai dampak pembakaran terbuka, prinsip pemilahan, fungsi tungku dua ruang, dan batasan material yang dapat diproses. Tahap ketiga adalah perakitan atau penyiapan prototipe dan demonstrasi pengoperasian. Tahap keempat adalah pelatihan praktik terbimbing, mencakup pemilahan sampah, pengenalan sekam padi, komponen tungku, urutan pengoperasian, pengendalian aliran udara, pemeriksaan asap visual, penggunaan APD, penanganan abu, penghentian operasi, dan tindakan darurat. Bahan yang diproses dibatasi pada material yang telah ditentukan dalam SOP; limbah medis, limbah bahan berbahaya dan beracun, baterai, aerosol, bahan kimia, PVC atau plastik yang tidak teridentifikasi, serta material penghasil emisi berbahaya tidak boleh dimasukkan ke tungku. Tahap kelima adalah evaluasi awal dan penyusunan rekomendasi perbaikan. Pengamatan dilakukan dengan mencatat jenis dan massa bahan, waktu mulai dan selesai, kondisi nyala, perubahan visual asap, konsumsi sekam, jumlah residu, serta kejadian tidak normal; pengukuran emisi seperti partikulat, CO, CO₂, dioksin, atau furan tetap memerlukan instrumen dan prosedur laboratorium yang sesuai, karena pengamatan visual asap tidak dapat menggantikan pengukuran emisi.

4. Evaluasi Keberhasilan Program

Evaluasi pengetahuan dilakukan melalui pre-test dan post-test mengenai pemilahan, keselamatan, dan prinsip kerja alat. Evaluasi penerimaan teknologi dilakukan melalui observasi praktik dan kuesioner sederhana. Evaluasi operasional mencakup kemampuan mengikuti urutan kerja, penggunaan APD, ketepatan pemilahan, keberhasilan pencatatan, dan kemampuan menjelaskan tindakan ketika terjadi gangguan. Data kuantitatif dianalisis menggunakan persentase, rerata, dan perbandingan skor sebelum-sesudah, sedangkan data kualitatif dari wawancara dan diskusi dianalisis dengan mengelompokkan tema manfaat, kendala, kebutuhan perbaikan, dan kesiapan pengguna. Rumus statistik standar dikecualikan dari deskripsi ini.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Kegiatan menghasilkan atau menggunakan prototipe Eco-Rocket Stove Dual-Chamber yang terdiri atas ruang bawah untuk biomassa sekam dan ruang atas untuk proses termal residu terpilah. Dalam dokumentasi proposal, prototipe dinyatakan telah mencapai tahap minimum viable product dan telah dikembangkan melalui implementasi awal KKN. Data kualitatif dari wawancara, observasi, dan tinjauan dokumen dirangkum menjadi substansi yang ringkas sebelum dilaporkan. Bagian ini mencakup dua subbagian utama.

1. Dinamika Intervensi dan Penerapan Solusi

Sosialisasi membantu peserta memahami bahwa sekam padi tidak hanya merupakan limbah, tetapi juga dapat menjadi bahan bakar biomassa apabila digunakan dalam sistem yang terkendali. Peserta juga diperkenalkan pada gagasan bahwa teknologi pengolahan harus dipadukan dengan pemilahan dari sumber, karena tanpa pemilahan, beban emisi dan residu dapat berpindah dari masalah sampah ke masalah kualitas udara dan keselamatan operator. Demonstrasi menunjukkan bahwa rancangan dua ruang memungkinkan panas dari ruang biomassa membantu proses pembakaran pada ruang atas. Dokumentasi proposal melaporkan asap visual yang lebih rendah dibandingkan pembakaran terbuka pada uji awal. Temuan ini dapat digunakan sebagai hasil observasi awal, tetapi belum cukup untuk menyatakan penurunan emisi secara kuantitatif; pengukuran

komparatif harus dilakukan dengan kondisi bahan, massa, kadar air, durasi, suplai udara, dan instrumen yang sama.

2. Capaian Keluaran Program

Respons mitra dirangkum berdasarkan instrumen pelaksanaan sebagai berikut.

- Jumlah peserta: 20 orang.
- Persentase peserta yang memahami prinsip pemilahan sebelum kegiatan: 20%.
- Persentase peserta yang memahami prinsip pemilahan setelah kegiatan: 90%.
- Peserta yang mampu melakukan prosedur start-up dan shut-down: 100%.
- Peserta yang menyatakan alat mudah dipahami: 100%.
- Kendala utama: cara pemakaian alat dan pemilahan jenis sampah.
- Rekomendasi mitra: pendampingan oleh petugas pengelola sampah desa.

Data di atas dihimpun dari dokumentasi pelaksanaan kegiatan dan digunakan sebagai dasar evaluasi awal keberhasilan program.

Table 1. Tabel Evaluasi Sebelum dan Sesudah Kegiatan

No	Indikator	Sebelum	Sesudah
1	Pemahaman prinsip pemilahan sampah	20%	90%
2	Kemampuan prosedur start-up dan shut-down	0%	100%
3	Partisipasi/kehadiran peserta	-	20 orang (100%)
4	Kepuasan/pemahaman terhadap alat (tindak lanjut)	-	100%

Source: dokumentasi pelaksanaan kegiatan pengabdian di Desa Tanjungbungin, Kecamatan Pakisjaya, Kabupaten Karawang (Juli 2026).

Pembahasan

Pembahasan berfokus pada interpretasi data yang telah diproses, bukan sekadar menyatakan kesamaan dengan penelitian sebelumnya. Pembahasan ini dibagi menjadi dua subbagian utama.

1. Analisis Dampak dan Evaluasi Kinerja

Konsep kegiatan mengarahkan sisa pembakaran sekam untuk diproses menjadi briket bioarang, sedangkan abu atau residu diarahkan sebagai bahan campuran paving block. Kedua jalur tersebut dapat memperkuat ekonomi sirkular karena mengurangi residu akhir dan menciptakan produk yang berpotensi dijual. Namun, kelayakan produk tidak boleh ditentukan hanya dari bentuk fisik; briket perlu diuji berdasarkan kadar air, nilai kalor, kadar abu, kekuatan, dan karakteristik pembakaran, sedangkan paving block perlu diuji berdasarkan komposisi, kuat tekan, serapan air, dan ketentuan teknis yang relevan. Dari sisi kelembagaan, calon pengelola dapat berupa TPS3R, BUMDes, kelompok masyarakat, atau unit usaha yang ditunjuk. Model operasional memerlukan pencatatan massa sekam, jenis residu, konsumsi bahan, jam operasi, kebutuhan perawatan, APD, produk samping, dan biaya tenaga kerja; tanpa pencatatan tersebut, manfaat ekonomi sulit dibuktikan dan keputusan pengembangan berisiko didasarkan pada persepsi semata.

2. Refleksi dan Peta Keberlanjutan

Hasil kegiatan menegaskan bahwa penerapan tungku perlu disertai SOP keselamatan. Operator harus menggunakan APD, menjaga jarak aman, memastikan ventilasi, memeriksa struktur tungku, menyiapkan alat pemadam, dan menghentikan operasi apabila muncul api tidak terkendali, kebocoran asap ke area kerja, atau material berbahaya. Eco-Rocket Stove tidak diposisikan sebagai solusi untuk seluruh sampah; material yang dapat didaur ulang tetap perlu dipisahkan, sedangkan limbah berbahaya harus ditangani melalui jalur yang berwenang. Batasan utama kegiatan adalah belum tersedianya data pengukuran emisi terinstrumentasi, data jangka panjang, uji laboratorium produk samping, dan perbandingan biaya terhadap alternatif yang setara. Keterbatasan ini menjadi

dasar agenda penelitian dan pengabdian lanjutan, sekaligus peta keberlanjutan agar masyarakat sasaran dapat meneruskan manfaat program secara mandiri.



Pembuatan Rangka Rocket Stove (a) Finishing Rocket Stove (b)

Source: KKN UNSIKA 2026 DESA TANJUNGBUNGIN

Simpulan dan Rekomendasi

Sintesis Capaian Program: Kegiatan pengabdian memperkenalkan Eco-Rocket Stove Dual-Chamber sebagai teknologi tepat guna yang menghubungkan pemanfaatan sekam padi, pengolahan residu sampah terpilah, edukasi keselamatan, dan peluang ekonomi sirkular. Prototipe dirancang dengan dua ruang pembakaran agar energi biomassa sekam dapat membantu proses termal pada ruang atas. Dokumentasi awal dalam proposal menunjukkan asap visual yang lebih rendah dibandingkan pembakaran terbuka pada kondisi uji, tetapi klaim penurunan emisi secara kuantitatif masih memerlukan pengukuran terstandar.

Evaluasi Pendekatan: Kegiatan ini berpotensi meningkatkan kapasitas pengelola TPS3R, BUMDes, dan kelompok masyarakat dalam mengoperasikan teknologi, memilah bahan, serta memanfaatkan hasil samping menjadi briket bioarang atau bahan campuran paving block. Implementasi lebih lanjut harus memenuhi tiga prasyarat: hanya material yang aman dan sesuai SOP yang boleh diproses; kinerja emisi, efisiensi, dan kualitas produk samping harus diuji secara teknis; dan model pengelolaan harus memiliki pencatatan biaya, massa bahan, keselamatan, pemeliharaan, dan manfaat ekonomi.

Rekomendasi dan Implikasi: Dengan perbaikan tersebut, Eco-Rocket Stove dapat dikembangkan sebagai model pengabdian yang tidak berhenti pada demonstrasi alat, tetapi membangun kapasitas masyarakat dan sistem pengelolaan residu yang lebih bertanggung jawab. Rekomendasi ini ditujukan kepada dua entitas utama.

Bagi Mitra: TPS3R, BUMDes, atau kelompok masyarakat disarankan menyusun SOP operasional tertulis, menjalankan pencatatan bahan dan hasil samping secara rutin, serta memastikan ketersediaan APD dan alat pemadam sebelum memperluas skala penggunaan tungku. **Bagi Pemangku Kepentingan:** Pemerintah desa dan instansi terkait disarankan mendukung pengujian laboratorium terhadap emisi, briket bioarang, dan paving block, serta memfasilitasi replikasi praktik baik ini ke desa atau TPS3R lain setelah validasi teknis memadai.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Karang Taruna Desa Tanjungbungin, pengelola TPS3R setempat, serta pihak-pihak yang mendukung perakitan, demonstrasi, pelatihan, dan evaluasi awal Eco-Rocket Stove Dual-Chamber.

Pernyataan Keterbukaan

Penulis menyatakan tidak terdapat potensi benturan kepentingan finansial, institusional, maupun personal dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian dan penulisan artikel ini.

Pernyataan Penggunaan AI Generatif

Platform AI generatif digunakan secara terbatas untuk membantu penyempurnaan bahasa, penataan struktur, dan penghalusan gaya penulisan naskah ini. AI tidak digunakan untuk merancang kerangka konseptual, membuat data, melakukan interpretasi analitis, atau merumuskan kesimpulan ilmiah. Seluruh keluaran telah melalui tinjauan kritis, revisi manual, dan validasi oleh penulis berdasarkan dokumen pelaksanaan kegiatan sebelum diserahkan.

References

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2022 tentang Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/210856/permen-lhk-no-6-tahun-2022>
- Ramírez, A. T. O., Reyes Tovar, M., & Silva-Marrufo, O. (2024). Rice husk reuse as a sustainable energy alternative in Tolima, Colombia. *Scientific Reports*, 14, Article 10391. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60115-5>
- Tim Eco-Techno Inovasi TI. (2026). *Proposal Eco-Rocket Stove: Inovasi dual-chamber burner berbasis biomassa sekam padi dan sampah masyarakat untuk ekonomi sirkular* [Dokumen internal tidak dipublikasikan].
- United Nations Environment Programme. (2006). *Guidelines on best available techniques and provisional guidance on best environmental practices relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*. https://www.pops.int/Portals/0/Repository/batbep_guidelines/UNEP-POPS-BATBEP-GUIDE-08-EN-6.English.PDF
- United Nations Environment Programme. (n.d.). *Unintentional persistent organic pollutants (UPOPs)*. <https://www.unep.org/topics/chemicals-and-pollution-action/pollution-and-health/persistent-organic-pollutants-pops/upops>
- World Health Organization. (2025). *Open waste burning: Sectoral solutions for air pollution and health* (Technical brief). <https://doi.org/10.2471/B09367>