

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *ROCKET STOVE* UNTUK PENGELOLAAN SAMPAH DI SD AL ITSIQOH PALANGKA RAYA

Rudy Yoga Lesmana^{1*}, Gusti Iqbal Tawaqal²

^{1,2}Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Palangkaraya

Email: yogalesmanaryl@gmail.com¹, gustiiqbaltawaqal@gmail.com²

ABSTRAK

Permasalahan limbah padat seperti daun dan ranting di SD Al Itsiqoh, Palangka Raya, selama ini ditangani melalui metode pembakaran terbuka (*open burning*) yang tidak efisien dan berpotensi mencemari kualitas udara lingkungan sekolah. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknologi tepat guna *Rocket Stove* sebagai solusi pembakaran sampah yang bersih dan efisien. Metode pelaksanaan kegiatan meliputi asesmen kondisi awal, sosialisasi, *workshop* pembuatan alat secara partisipatif, serta demonstrasi dan uji coba operasional. Berdasarkan hasil uji coba perbandingan kinerja pembakaran sampah sebanyak 5 kg, *Rocket Stove* menunjukkan efektivitas reduksi massa yang signifikan, mencapai rata-rata 98,7% dengan residu abu hanya sebesar 1,3% (0,07 kg). Capaian ini jauh lebih unggul dibandingkan metode pembakaran terbuka yang hanya mencapai efektivitas 81,3%. Selain itu, *Rocket Stove* terbukti lebih efisien dalam penggunaan bahan bakar pemicu dan menghasilkan emisi asap yang sangat minim. Kegiatan ini berhasil mentransfer pengetahuan teknologi kepada mitra, menyediakan solusi pengelolaan sampah yang ramah lingkungan, serta mendukung terciptanya lingkungan sekolah yang lebih sehat.

Kata Kunci: *Rocket Stove*, Limbah Padat, Teknologi Tepat Guna

ABSTRACT

The issue of solid waste, such as leaves and twigs, at SD Al Itsiqoh, Palangka Raya, was previously managed through inefficient open burning, posing a risk to air quality within the school environment. This Community Service Program (PkM) aimed to implement the Rocket Stove as an appropriate technology solution for clean and efficient waste combustion. The implementation methods included initial assessment, socialization, participatory workshops for equipment construction, and operational demonstrations. Based on comparative performance trials involving the combustion of 5 kg of waste, the Rocket Stove demonstrated significant mass reduction effectiveness, reaching an average of 98.7% with only 1.3% (0.07 kg) of ash residue. This result was far superior to the open burning method, which only achieved 81.3% effectiveness. Furthermore, the Rocket Stove proved to be more efficient in fuel usage and produced minimal smoke emissions. This program successfully transferred technological knowledge to the partners, provided an environmentally friendly waste management solution, and supported the creation of a healthier school environment.

Keywords: *Rocket Stove, Solid Waste, Appropriate Technology*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan kawasan urban di Indonesia, termasuk di Kota Palangka Raya, secara langsung berkorelasi dengan peningkatan volume limbah padat yang dihasilkan. Tantangan pengelolaan sampah ini tidak hanya berfokus pada kuantitas, tetapi juga pada komposisi dan metode penanganan di sumbernya. Sebagai institusi pendidikan tinggi yang mengemban Catur Dharma Perguruan Tinggi, Program Studi Teknik Lingkungan

Universitas Muhammadiyah Palangkaraya memiliki tanggung jawab moral dan akademis untuk berkontribusi dalam menemukan solusi aplikatif terhadap permasalahan lingkungan di sekitarnya.

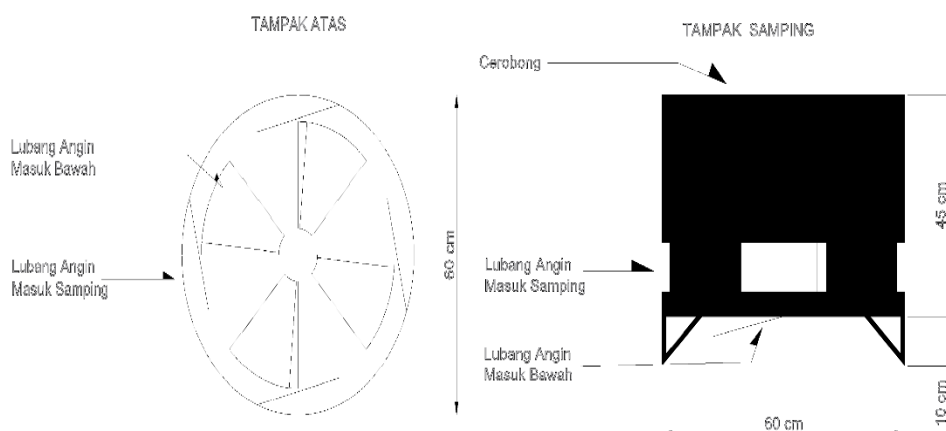
Salah satu sumber limbah yang seringkali terabaikan namun signifikan adalah biomassa kering (seperti daun gugur, ranting, dan sisa kertas) dari fasilitas publik dan institusi pendidikan. Lingkungan sekolah, seperti SD Al Itsiqoh Palangka Raya, yang memiliki area hijau, secara rutin menghasilkan limbah jenis ini. Metode penanganan yang umum dilakukan—dan paling bermasalah—adalah penumpukan yang mengganggu estetika atau pembakaran terbuka (*open burning*). Pembakaran terbuka diketahui melepaskan berbagai polutan berbahaya, termasuk senyawa organik yang berdampak negatif pada kualitas udara dan kesehatan (Lemieux et al., 2004).

Menghadapi kenyataan ini, diperlukan sebuah intervensi teknologi tepat guna (TTG) yang tidak hanya efektif dalam mereduksi limbah, tetapi juga aman, berbiaya rendah, dan bernilai edukatif. Inovasi *rocket stove* (tungku roket) diajukan sebagai solusi untuk mengubah paradigma penanganan limbah biomassa di sekolah. Prinsip dasar *rocket stove* adalah memanfaatkan aliran udara terkonsentrasi dan ruang bakar terisolasi untuk mencapai pembakaran suhu tinggi yang bersih (Still & Winiarski, 2001). Alih-alih menjadi polutan melalui pembakaran terbuka, limbah kering dapat dimusnahkan secara efisien melalui teknologi ini. Adopsi teknologi berbasis bio-residu seperti ini juga dinilai memiliki keberlanjutan yang tinggi jika disesuaikan dengan kebutuhan lokal (Tucho & Nonhebel, 2020).

METODE KEGIATAN

Tahap 1: Asesmen Kebutuhan dan Persiapan Awal Tim pelaksana melakukan koordinasi dan perizinan resmi dengan pimpinan SD Al Itsiqoh, dilanjutkan observasi lapangan untuk mengidentifikasi volume sampah dan menyiapkan desain. Desain *rocket stove* yang dirancang mengacu pada panduan teknis yang menekankan proporsi ruang bakar untuk efisiensi maksimal (Aprovecho Research Center, 2015; Roth, 2011).

Analisis Efektivitas Reduksi Limbah Efektivitas reduksi massa dihitung menggunakan persamaan reduksi standar untuk membandingkan massa sebelum dan sesudah pembakaran, sebagaimana metode pengujian performa kompor biomassa pada umumnya (Oladeji, 2010):



Gambar 1. Desain Rencana *Rocket Stove*

Analisis Efektivitas Reduksi Limbah

Efektivitas reduksi massa dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Efektivitas Reduksi (\%)} = \left(\frac{\text{Massa Awal} - \text{Massa Akhir}}{\text{Massa Awal}} \right) \times 100\%$$

Tahap 2: Sosialisasi dan Edukasi: Tim memberikan sosialisasi mengenai bahaya pembakaran terbuka dan penerapan konsep *rocket stove* untuk pengendalian asap.



Gambar 2. Sosialisasi Penerapan Konsep *Rocket Stove* Untuk Pengendalian Asap
Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdian (2025)

Tahap 3: Proses perakitan dilakukan bersama mitra menggunakan material drum bekas dan isolator (sekam/abu). Konstruksi ruang bakar (*heat riser*) dibuat vertikal untuk memaksimalkan aliran udara (Balachandar & Srinivasan, 2019).



Gambar 3. *Rocket Stove* Yang Telah Dibuat
Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdian (2025)

Tahap 4: Demonstrasi, Pelatihan, dan Uji Coba Dilakukan pelatihan SOP (Standar Operasional Prosedur) dan uji coba pembakaran pertama.



Gambar 4. Uji Coba Pembakaran Pada Rocket Stove
Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdi(2025)

Lokasi Kegiatan

Lokasi Kegiatan dilaksanakan di SD Al Itsiqoh, Kota Palangka Raya pada bulan September - Oktober 2025

Peserta

Peserta yang terlibat antara lain siswa, guru, dan staf sekolah, dari Sekolah Dasar Al Itsiqoh, Kota Palangka Raya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan bertempat di lingkungan SD Al Itsiqoh, Kota Palangka Raya. Kegiatan ini berfokus pada penerapan teknologi tepat guna *Rocket Stove* sebagai solusi pengelolaan sampah, khususnya sampah organik kering dan ranting kayu yang banyak ditemukan di lingkungan sekolah dan sekitarnya.

Untuk membuktikan efektivitas alat kepada mitra (pihak sekolah dan warga sekitar), tim pelaksana melakukan demonstrasi uji coba pembakaran yang membandingkan metode *Rocket Stove* dengan metode pembakaran terbuka (tradisional) yang selama ini umum dilakukan.

Uji coba dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan menggunakan sampah ranting kayu dan sampah kering rumah tangga dengan massa awal yang sama, yaitu 5 kg. Berikut adalah rekapitulasi data hasil uji coba yang dipaparkan dalam kegiatan:

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pembakaran Rocket Stove vs Pembakaran Terbuka

Percobaan	Massa Awal (kg)	Massa Akhir Rocket Stove (kg)	Efektivitas Rocket Stove (%)	Massa Akhir Cara Terbuka (kg)	Efektivitas Cara Terbuka (%)
1	5	0,05	99,0%	1,0	80,0%
2	5	0,08	98,4%	0,8	84,0%
3	5	0,07	98,6%	1,0	80,0%
Rata-Rata	5	0,07	98,7%	0,93	81,3%

Sumber: Data Hasil Kegiatan di SD Al Itsiqoh (2025)

1. Analisis Efektivitas Reduksi Sampah

Berdasarkan data Tabel 1, *Rocket Stove* mencapai efektivitas pembakaran sebagai berikut

- a. Tingkat Reduksi Tinggi: *Rocket Stove* mampu mencapai efektivitas pembakaran rata-rata sebesar 98,7%. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini sangat efektif memusnahkan sampah hingga hampir habis.
- b. Minim Residu: Sisa pembakaran (abu) yang dihasilkan sangat sedikit, yaitu rata-rata hanya 0,07 kg (sekitar 1,3% dari berat awal).
- c. Perbandingan dengan Cara Lama: Metode pembakaran terbuka terbukti kurang efisien karena hanya mencapai efektivitas 81,3% dan menyisakan residu sampah (abu dan arang) yang cukup banyak, yaitu rata-rata 0,93 kg.

Hal ini sejalan dengan penelitian Li et al. (2021) yang menyatakan bahwa *rocket stove* berbahan bakar residu pertanian mampu mencapai efisiensi termal dan pembakaran yang jauh lebih tinggi dibandingkan tungku konvensional. Sebaliknya, metode pembakaran terbuka hanya mencapai efektivitas 81,3%. Perbedaan signifikan ini membuktikan keunggulan *rocket stove* dalam mengonversi massa bahan bakar menjadi energi panas secara tuntas, mengurangi limbah padat secara drastis (Choudhury et al., 2021). Hasil ini memberikan gambaran nyata kepada pihak sekolah bahwa penggunaan *Rocket Stove* dapat mengurangi tumpukan sisa pembakaran secara drastis, sehingga lingkungan sekolah menjadi lebih bersih.

2. Efisiensi Operasional dan Penggunaan Bahan Bakar

Dalam demonstrasi, metode pembakaran terbuka membutuhkan bahan bakar pemicu (bensin) 3-5 kali lebih banyak. Hal ini disebabkan hilangnya panas ke lingkungan pada pembakaran terbuka. Sebaliknya, *rocket stove* menggunakan isolasi untuk menahan panas. Anggono et al. (2017) menjelaskan bahwa efisiensi pembakaran sangat dipengaruhi oleh kemampuan alat menjaga nilai kalor dan temperatur ruang bakar. Pariyar et al. (2020) juga menambahkan bahwa kompor yang ditingkatkan (*improved cookstoves*) menunjukkan kinerja termal yang lebih stabil dibandingkan metode tradisional, sehingga lebih hemat bahan bakar.

3. Aspek Kesehatan Lingkungan dan Kualitas Emisi

Observasi menunjukkan pembakaran terbuka menghasilkan asap pekat, sedangkan *rocket stove* sangat minim asap. Asap pekat dari pembakaran sampah terbuka mengandung emisi partikulat dan polutan organik berbahaya (Lemieux et al., 2004). Sebaliknya, minimnya asap pada *rocket stove* terjadi karena mekanisme pembakaran sekunder di dalam cerobong panas. Studi menunjukkan bahwa penggunaan kompor bersih (*improved stoves*) secara nyata dapat mengurangi emisi PM_{2.5} dan CO yang berbahaya bagi kesehatan pernapasan (Pope et al., 2021; Jiang et al., 2022). Meskipun demikian, operator diingatkan untuk menjaga kestabilan api, karena emisi dapat meningkat jika suhu turun drastis.

Salah satu tujuan utama pengabdian di SD Al Itsiqoh adalah menciptakan lingkungan pendidikan yang sehat dengan mengurangi dampak buruk asap pembakaran sampah. Berdasarkan observasi visual saat kegiatan berlangsung:

- a. Pembakaran Terbuka: Menghasilkan asap pekat. Hal ini dijelaskan kepada peserta kegiatan sebagai tanda pembakaran tidak sempurna, di mana gas beracun seperti Karbon Monoksida (CO) dan partikulat halus masih tertinggal. Asap ini berbahaya bagi

kesehatan pernapasan siswa dan warga sekolah.

- b. Rocket Stove: Menghasilkan asap yang sangat minim, bahkan hampir tidak terlihat pada fase pembakaran stabil. Hal ini terjadi karena suhu tinggi dan pasokan oksigen yang cukup di dalam cerobong membakar habis partikel asap (pembakaran sekunder). Meskipun demikian, ditemukan adanya sedikit asap pada fase akhir pembakaran *Rocket Stove* saat bahan bakar mulai habis dan suhu turun di bawah 600°C. Temuan ini menjadi bahan edukasi bagi operator alat agar menjaga kontinuitas pasokan sampah ke dalam tungku untuk mempertahankan suhu tinggi dan pembakaran yang bersih.

4. Transfer Pengetahuan Teknologi (Desain Alat)

Mitra diberikan pemahaman bahwa kinerja *rocket stove* didukung oleh desain *Heat Riser* yang menciptakan *natural draft* (tarikan alami). Analisis numerik aliran udara pada *rocket stove* mengonfirmasi bahwa geometri ruang bakar sangat mempengaruhi kecepatan aliran udara dan kesempurnaan pembakaran (Balachandar & Srinivasan, 2019). Dengan desain yang tepat sesuai panduan teknis (Aprovecho Research Center, 2015), alat ini menjadi solusi jangka panjang yang efektif bagi sekolah.

Bagian akhir dari kegiatan adalah pemahaman mitra mengenai prinsip kerja alat. Keunggulan kinerja *Rocket Stove* yang didemonstrasikan tidak lepas dari desain teknisnya, yaitu:

- a. Cerobong Panas (*Heat Riser*): Komponen vertikal yang menciptakan tarikan udara alami (*natural draft*), menyedot oksigen segar ke pusat api sehingga pembakaran berlangsung cepat.
- b. Insulasi: Dinding tungku yang tahan panas mencegah energi terbang ke samping, memfokuskan panas untuk membakar sampah hingga tuntas.
- c. Pembakaran Sekunder: Mekanisme di mana gas/asap sisa pembakaran ikut terbakar di dalam cerobong karena suhu yang sangat tinggi.

Melalui penjelasan ini, diharapkan pihak SD Al Itsiqoh dapat memanfaatkan dan merawat teknologi ini sebagai solusi jangka panjang untuk kebersihan dan kesehatan lingkungan sekolah.

KESIMPULAN

Demi keberlanjutan dan optimalisasi manfaat dari kegiatan pengabdian yang telah dilaksanakan, maka diajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penyusunan SOP dan Penunjukan Penanggung Jawab Disarankan kepada pihak SD Al Itsiqoh untuk menyusun Standar Operasional Prosedur (SOP) sederhana terkait penggunaan dan perawatan *Rocket Stove*. Selain itu, perlu ditunjuk petugas khusus (misalnya petugas kebersihan sekolah) yang bertanggung jawab atas pengoperasian alat, pembersihan abu sisa secara berkala, dan memastikan keamanan saat pembakaran berlangsung.
2. Manajemen Pemilahan Sampah (Pre-Treatment) Agar kinerja *Rocket Stove* tetap optimal, pemilahan sampah di tahap awal sangat krusial. Disarankan agar pihak sekolah memperketat budaya pemilahan sampah antara organik basah, organik kering/kertas, dan plastik/B3. *Rocket Stove* bekerja paling efisien pada sampah kering. Sampah basah sebaiknya dikomposkan atau dikeringkan terlebih dahulu menggunakan sisa panas tungku sebelum dibakar.
3. Pemanfaatan Energi Panas (Heat Recovery) Untuk pengembangan selanjutnya, desain *Rocket Stove* dapat dimodifikasi dengan menambahkan instalasi pemanfaatan panas buang. Energi panas yang dihasilkan dari pembakaran sampah dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air (water heater) untuk keperluan sekolah atau sebagai alat

pengering sampah basah di musim hujan, sehingga prinsip *Waste to Energy* dapat terwujud lebih nyata.

4. Integrasi dengan Edukasi Lingkungan Siswa Keberadaan teknologi ini sebaiknya diintegrasikan dengan kurikulum atau kegiatan ekstrakurikuler siswa (misalnya dalam program P5 atau Adiwiyata). *Rocket Stove* dapat menjadi media pembelajaran nyata bagi siswa mengenai sains (pembakaran, perubahan energi) dan pendidikan karakter peduli lingkungan.
5. Monitoring dan Pemeliharaan Berkala Disarankan agar dilakukan pengecekan kondisi fisik alat secara berkala, terutama pada bagian insulasi dan cerobong, mengingat paparan suhu tinggi yang terus-menerus dapat menyebabkan degradasi material. Perbaikan atau penggantian komponen yang aus diperlukan untuk menjaga standar keamanan dan efisiensi pembakaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Palangkaraya atas dukungan dana yang diberikan dalam kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak SD Al Itsiqoh, Kota Palangka Raya selaku mitra, atas kerjasama dan fasilitas yang disediakan selama pelaksanaan kegiatan penerapan teknologi *Rocket Stove*. Semoga program ini bermanfaat bagi kemajuan mitra dan masyarakat luas.

REFERENSI

- Anggono, W., Wibowo, B. T., & Priyanto, P. (2017). Analisis Nilai Kalor dan Efisiensi Pembakaran Briket Sampah Organik dan Anorganik dengan Penambahan Bio-Aditif. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(2), 79-86.
- Aprovecho Research Center. (2015). *The Rocket Stove Design Guide: A Technical Manual*. Cottage Grove, Oregon: Aprovecho Research Center.
- Balachandar, R., & Srinivasan, K. (2019). Numerical analysis of flow and combustion in a rocket stove. *Fuel*, 254, 115676.
- Choudhury, H., Paul, B., & Chakraborty, A. (2021). Comparative study of rocket stove and traditional chulha in rural India. *Renewable Energy*, 174, 621-629.
- Jiang, L., Wang, Y., & Zao, X. (2022). Emission factor of household of biomass fuel and improved stoves in China. *Science of the Total Environment*, 822, 153619.
- Lemieux, P. M., Lutes, C. C., & Lu, R. (2004). Emissions of organic hazardous air pollutants from the open burning of household waste. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 54(1), 127-134.
- Li, Z., Zhang, Y., & Chen H. (2021). Performance and emission characteristics of rocket stoves fueled with agricultural residues. *Renewable Energy*, 170, 1270-1278.
- Oladeji, J. T. (2010). Development and performance testing of an efficient biomass stove. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(2), 52-57.
- Pariyar, P., Ghimire, A., & Pokharel, J. (2020). Comparative study of traditional and improved cookstoves on thermal performance and emission characteristics using agricultural residue briquettes. *Renewable Energy*, 162, 1024-1031.
- Pope, D., Bruce, N., Dherani, M., Jagoe, K., & Rehfuess, E. (2021). Real-life effectiveness of 'improved' stoves and clean fuels in reducing PM_{2.5} and CO: Systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 146, 106242.

Roth, C. (2011). *A Field Guide to the Rocket Stove*.

Still, D., & Winiarski, L. (2001). *Rocket Stove: Testing and Monitoring*. Aprovecho Research Center.

Tucho, G., T., & Nonhebel, S. (2020). Bio-residue based rocket stoves: Adoption and sustainability. *Energy Reports*, 6, 171-179.