



Pengembangan (Insinerator) Teknologi Pembakaran Sampah Rendah Emisi dengan Sistem Rocket Stove

Development (Incinerator) of Low-Emission Waste Incineration Technology with Rocket Stove System

Diana Romdhoningsih^{1*}, Ilham Jagat Prediksa², Muhammad Reno Widodo³, Wahid Falhuddin⁴, Aida Alfita⁵

¹⁻⁵ Universitas Bina Bangsa, Indonesia

nhadiana51@gmail.com^{1*}, ilhamjagatprediksa@gmail.com², muhammadrenowidodo45@gmail.com³, wahidfalhuddin22@gmail.com⁴, aidaalfita2929@gmail.com⁵

Korespondensi penulis: nhadiana51@gmail.com

Article History:

Received: Juli 30, 2025;

Revised: Agustus 15, 2025;

Accepted: Agustus 19, 2025;

Published: Agustus 20, 2025

Keywords: Insinerator, Lingkungan, Sampah, Teknologi, Pemberdayaan

Abstract. This Community Service activity aims to evaluate and implement low-smoke waste incinerator technology based on the rocket stove method as a solution to environmental pollution due to inefficient waste burning. This technology allows the waste burning process to be carried out at high temperatures efficiently, resulting in lower smoke emissions and is environmentally friendly. The main focus of the activity is to assist the residents of Bojong Loa Village in increasing waste management capacity through an educational and participatory approach. The methods used include environmental education, technical training, operational assistance, and the transfer of incineration technology to the community. The program is designed to produce a tool that is practical, energy-efficient, and easy to operate by citizens, with the hope that it can be widely adopted in rural environments. The implementation of activities was carried out intensively over a certain period, involving a team of academics and local partners as facilitators. The results of the activity show that the minimal-smoke incinerator has been successfully modified and available for public use. There has been a significant increase in the knowledge and skills of the residents of Bojong Loa Village in operating the equipment, which is shown through technical capabilities and an understanding of the principle of clean combustion. Another positive impact is the creation of a more effective waste management system, contributing to reducing air pollution levels and improving people's quality of life. This initiative proves that community service has a strategic role in introducing innovative and sustainable waste management technology. The success of this program opens up opportunities for replication in other regions, as well as encouraging collaboration between academics, government, and society in realizing a cleaner and healthier environment.

Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengimplementasikan teknologi insinerator sampah minim asap berbasis metode kompor roket sebagai solusi terhadap pencemaran lingkungan akibat pembakaran sampah yang tidak efisien. Teknologi ini memungkinkan proses pembakaran sampah dilakukan pada suhu tinggi secara efisien, sehingga menghasilkan emisi asap yang lebih rendah dan ramah lingkungan. Fokus utama kegiatan adalah membantu warga Kampung Bojong Loa dalam meningkatkan kapasitas pengelolaan sampah melalui pendekatan edukatif dan partisipatif. Metode yang digunakan meliputi pendidikan lingkungan, pelatihan teknis, pendampingan operasional, serta transfer teknologi insinerasi kepada masyarakat. Program ini dirancang untuk menghasilkan alat yang praktis, hemat energi, dan mudah dioperasikan oleh warga, dengan harapan dapat diadopsi secara luas di lingkungan perdesaan. Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara intensif selama periode tertentu, melibatkan tim akademisi dan mitra lokal sebagai fasilitator. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa insinerator minim asap telah berhasil dimodifikasi dan tersedia untuk digunakan masyarakat.

Terdapat peningkatan signifikan dalam pengetahuan dan keterampilan warga Kampung Bojong Loa dalam mengoperasikan alat tersebut, yang ditunjukkan melalui kemampuan teknis dan pemahaman terhadap prinsip pembakaran bersih. Dampak positif lainnya adalah terciptanya sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif, berkontribusi pada penurunan tingkat polusi udara dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Inisiatif ini membuktikan bahwa pengabdian masyarakat memiliki peran strategis dalam memperkenalkan teknologi pengelolaan sampah yang inovatif dan berkelanjutan. Keberhasilan program ini membuka peluang untuk replikasi di wilayah lain, serta mendorong kolaborasi antara akademisi, pemerintah, dan masyarakat dalam mewujudkan lingkungan yang lebih bersih dan sehat.

Kata Kunci: Insinerator, Lingkungan, Sampah, Teknologi, Pemberdayaan

1. LATAR BELAKANG

Warga Kampung Bojong Loa, Desa Pamarayan, Kecamatan Pamarayan, menunjukkan komitmen terhadap kebersihan lingkungan melalui berbagai kegiatan, salah satunya ialah kegiatan gotong royong yang dilaksanakan secara konsisten setiap hari Minggu disekitaran lingkungan tempat tinggal dan sekitaran aliran sungai. Meski semangat gotong royong cukup tinggi, Mekanisme penanganan limbah di wilayah Kampung ini belum berfungsi secara maksimal. Salah satu praktik yang masih umum dilakukan adalah pembuangan sampah di aliran sungai dan pembakaran sampah secara terbuka, yang berisiko menimbulkan pencemaran udara, gangguan kesehatan, serta dampak negatif terhadap ekosistem sekitar (Mardhia & Wartiningsih, 2018).

Berbagai hal yang mengakibatkan rendahnya efektivitas pengendalian limbah di Kampung Bojong Loa diantaranya adalah Kurangnya kepedulian warga dalam menjaga kebersihan lingkungan, khususnya dengan masih adanya praktik pembuangan sampah di kawasan sungai, serta kurangnya fasilitas pendukung pengolahan sampah. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan edukasi yang berkelanjutan mengenai pentingnya menjaga lingkungan dan perubahan perilaku masyarakat supaya tidak membuang limbah atau sampah ke aliran sungan. Selain itu, pembangunan infrastruktur Diperlukan adanya sarana pemilahan sampah dan sistem pengolahan limbah yang berwawasan lingkungan untuk mendukung pengelolaan yang berkelanjutan.

Keterbatasan fasilitas menjadi tantangan utama dalam pengelolaan sampah. Sebagai konsekuensinya, dibutuhkan adopsi sistem teknologi yang efektif serta mendukung prinsip keberlanjutan lingkungan. Mengubah kebiasaan masyarakat yang terbiasa membakar sampah secara konvensional memang tidak mudah (Wulan Ayu et al., 2020), sehingga dibutuhkan solusi alternatif seperti alat pembakaran sampah minim asap.

Salah satu solusi yang ditawarkan adalah penggunaan alat pembakaran berbasis teknologi Rocket Stove. Alat ini memungkinkan pembakaran sampah pada suhu tinggi dalam ruang tertutup dengan cerobong vertikal yang terisolasi, sehingga proses pembakaran

berlangsung lebih sempurna. Hasilnya, volume sampah dapat berkurang secara signifikan, lebih hemat bahan bakar dan emisi polutan seperti debu dapat berkurang karena minim asap.

Meski teknologi ini lebih ramah lingkungan, emisi yang dihasilkan tetap perlu diawasi karena bisa mengandung zat berbahaya yang berdampak pada kesehatan, termasuk risiko kanker (Muhammad Addin Rizaldi et al 2022). Gas metana dan partikel yang terbentuk selama proses pembakaran harus menjadi perhatian utama. Oleh karena itu, penggunaan alat ini harus mengikuti prosedur yang benar agar dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan tetap terkendali. Dengan dukungan dari berbagai pihak dan penerapan teknologi yang tepat, pengelolaan sampah di Kampung Bojong Loa diharapkan dapat meningkat secara signifikan. Hal ini akan memperkuat upaya pelestarian lingkungan dan menciptakan kondisi hidup yang lebih sehat bagi masyarakat setempat.

2. KAJIAN TEORITIS

Konsep Dasar *Rocket Stove*

Rocket stove adalah kompor berbasis biomassa yang dirancang untuk menghasilkan pembakaran lebih bersih dan efisien. Prinsip utamanya terletak pada aliran udara yang baik serta ruang bakar yang sempit dan terisolasi, sehingga memungkinkan pencampuran udara dan bahan bakar berlangsung optimal. Dengan rancangan ini, panas yang dihasilkan dapat lebih terfokus pada peralatan memasak, sekaligus mengurangi sisa asap yang biasanya menjadi masalah pada kompor tradisional (Karekezi & Kithyoma, 2002).

Landasan Teori Pembakaran

Secara teoritis, pembakaran pada *rocket stove* mengikuti prinsip *complete combustion*. Bahan bakar biomassa (kayu, serpihan bambu, atau limbah pertanian) akan mengalami dekomposisi termal yang menghasilkan gas mudah terbakar. Jika oksigen tersedia cukup, gas tersebut akan terbakar hampir sempurna, menghasilkan energi panas yang tinggi dan emisi lebih rendah (Bailis et al., 2009). Perbedaan mencolok dengan tungku tradisional adalah adanya insulasi pada ruang bakar sehingga temperatur tetap tinggi dan proses oksidasi lebih sempurna.

Desain dan Efisiensi Energi

Desain *rocket stove* umumnya berbentuk “L” atau “J”, di mana saluran bahan bakar dan cerobong pembakaran diatur sedemikian rupa agar tarikan udara (*draft*) lebih kuat. Hal ini menciptakan efek cerobong yang mempercepat aliran udara ke dalam ruang bakar. Hasilnya, kayu dapat terbakar lebih cepat dan panas terkonsentrasi pada panci atau wajan (Bryden et al., 2006). Penelitian menunjukkan bahwa *rocket stove* mampu menghemat bahan bakar hingga

30–60% dibanding tungku konvensional (Jetter & Kariher, 2009).

Dampak Sosial dan Lingkungan

Penggunaan *rocket stove* memiliki dampak yang luas, terutama di negara berkembang di mana biomassa masih menjadi sumber energi utama rumah tangga. Dengan efisiensi yang lebih baik, kebutuhan kayu berkurang sehingga deforestasi dapat ditekan (MacCarty et al., 2008). Selain itu, berkurangnya asap dalam ruangan berdampak positif pada kesehatan keluarga, terutama perempuan dan anak-anak yang paling sering terpapar (World Health Organization, 2016).

Tantangan dan Arah Pengembangan

Meskipun menawarkan banyak keunggulan, adopsi *rocket stove* masih menghadapi tantangan. Faktor budaya, kebiasaan memasak, serta keterjangkauan harga sering kali memengaruhi penerimaan masyarakat. Oleh karena itu, pengembangan teknologi ini harus disesuaikan dengan konteks lokal, termasuk desain yang sesuai dengan jenis bahan bakar setempat dan kebiasaan kuliner masyarakat (Ruiz-Mercado & Masera, 2015). Inovasi lebih lanjut juga diarahkan pada kombinasi *rocket stove* dengan teknologi energi terbarukan lain, seperti panel surya atau biogas, guna mendukung transisi energi berkelanjutan.

3. METODE PENELITIAN

Proses pelaksanaan kegiatan KKM ini terdiri dari tiga langkah utama, yakni tahap perencanaan awal, tahap implementasi kegiatan, dan tahap peninjauan hasil. Ketiga tahapan tersebut dijelaskan secara visual pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

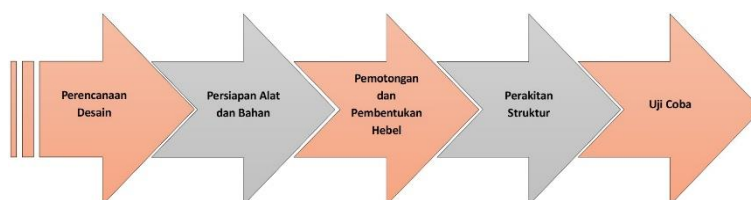
TAHAP PERENCANAAN AWAL
• Telaah Referensi Terkait • Observasi Lokasi Secara Langsung • Proses Pengumpulan Data • Penentuan Penampungan Awal
TAHAP IMPLEMENTASI KEGIATAN
• Menyiapkan Komponen dan Material yang Dibutuhkan • Merakit Alatnya
TAHAP PENINJAUAN HASIL
• Melakukan Uji Coba Untuk Mengevaluasi Fungsi Penampungan • Melakukan Observasi Alat Tersebut Secara Berkala

Di fase awal, informasi diperoleh melalui kegiatan survei serta pengamatan langsung di lokasi guna memahami situasi lingkungan di wilayah Kampung Bojong Loa. Kegiatan ini melibatkan mahasiswa KKM dari Kelompok 75 Universitas Bina Bangsa bersama dengan warga serta aparatur dari pemerintahan yaitu RT Kampung Bojong Loa. Berdasarkan hasil pengamatan, ditemukan bahwa area sekitar pinggir sungai di Kampung Bojong Loa dipenuhi oleh sampah, terutama jenis sampah rumah tangga (organik) seperti sisa makanan, daun-daunan. Untuk menjaga kebersihan, warga biasanya mengumpulkan dan membakar sampah tersebut secara mandiri di rumah masing-masing dan juga terdapat warga yang masih tidak peduli akan lingkungan yaitu membuangnya ke aliran sungai. Padahal, sampah organik seperti ini berpotensi diolah menjadi kompos, yaitu pupuk alami yang berasal dari proses dekomposisi bahan organik seperti daun, jerami, dan rumput liar (Hamzah et al., 2020). Gambar 1 berikut menunjukkan kondisi lingkungan di sekitar sungai Kampung Bojong Loa.



Gambar 1. Kondisi lingkungan di sekitar sungai

Sebagai upaya solusi, dirancanglah sebuah Rocket Stove pada area sekitar tersebut, yaitu tungku pembakaran yang dirancang untuk mengurangi emisi asap sekaligus meningkatkan efisiensi proses pembakaran. Proses perakitan tungku ini dilakukan melalui sejumlah tahapan teknis, yang dijelaskan secara visual pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses perakitan tungku

Merupakan bagian dalam edukasi, mahasiswa KKM turut berkontribusi dalam metode pembuatan Rocket Stove serta mendampingi warga saat tahap awal penggunaan alat. Warga mendukung program ini serta memberikan lokasi pembangunan dan perlengkapan dalam pembuatan yang dibutuhkan untuk merakit tungku pembakaran.

Tahapan berikutnya adalah memilih jenis alat yang sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar. Penampungan Rocket Stove memungkinkan alat ini menjalankan dua fungsi sekaligus: membakar sampah dan mengeringkan daun-daunan yang nantinya dapat dimanfaatkan sebagai bahan kompos. Teknologi ini mampu menghasilkan suhu tinggi yang memaksimalkan Energi termal yang dihasilkan tidak menimbulkan emisi asap dalam jumlah besar, sehingga lebih bersifat ekologis dan mendukung kelestarian lingkungan (Teshome et al., 2020).

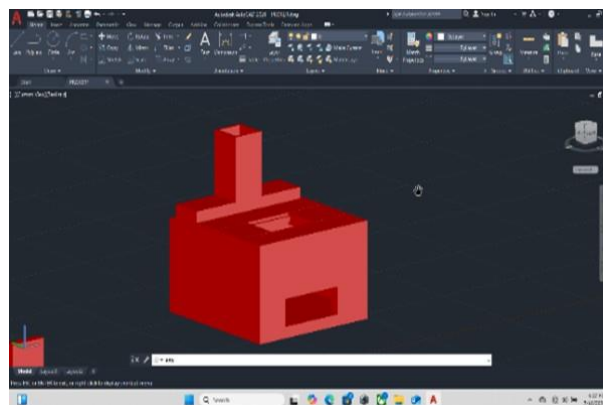
Saat proses implementasi berlangsung, tim merancang dan membentuk struktur pembakaran di area terbuka dengan memanfaatkan material utama berupa batu habel yang disusun menyerupai tungku. dilengkapi dengan cerobong pembakaran untuk mengarahkan emisi atau asap ke atas agar tidak menyebar ke lingkungan sekitar. Alat ini juga dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengeringan daun agar menjadi bahan kompos, dan abu hasil pembakarannya bisa digunakan sebagai pupuk tambahan bagi tanaman.

Untuk menilai efektivitas Rocket Stove, dilakukan evaluasi menggunakan beberapa metode, seperti wawancara terstruktur untuk mengetahui persepsi pengguna, Pemantauan temperatur selama proses pembakaran dilakukan menggunakan termometer inframerah, disertai pengamatan langsung terhadap aktivitas pembakaran. Uji coba dilakukan untuk melihat bagaimana tungku bekerja dan mendeteksi adanya kebocoran yang memungkinkan asap keluar dari celah yang tidak diinginkan. Pengamatan terhadap suhu bertujuan untuk memastikan proses pembakaran berlangsung dengan emisi asap yang minimal. Evaluasi ini juga mencakup pemantauan berkelanjutan terhadap penggunaan alat agar tetap optimal dan aman.

Berikut merupakan Penampungan, alat dan bahan serta langkah pembuatannya;

- Penampungan Rocket Stove

Penampungan Rocket Stove dapat dilihat melalui gambar 3 pembuatan Penampungan menggunakan software Autocad,



Gambar 3. Ilustrasi Rocket Stove menggunakan software Autocad

dan keterangan bagian Rocket Stove terdapat pada gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi bagian dalam Rocket Stove

- Perancangan Material dan Perlengkapan yang dibutuhkan:

- Hebel.
- Perekat khusus untuk Hebel.
- Batang Besi Ulir.
- Pelapis Warna (Cat).
- Campuran Semen.
- Material Pasir.
- Cat Semprot (Pilox).
- Lembaran Kayu.
- Kawat Logam.
- Paku Kontruksi.
- Air Bersih.
- Pelarut (Tiner).
- Alat Gali (Cangkul).
- Sekrop Tanah.
- Alat Plester (Cetok).
- Gergaji Manual.
- Tang Penjepit.
- Mesin Gerinda.
- Alat Ukur Panjang (Meteran).
- Ember Timba.
- Palu Tukang.



Gambar 5. Alat dan bahan untuk pembuatan Rocket Stove

- Langkah – langkah pembuatan Rocket Stove:
 - Lakukan pembersihan awal pada area lahan untuk memulai bekerja.
 - Persiapkan seluruh material dan perlengkapan yang diperlukan.
 - Lakukan Pemotongan terhadap komponen kayu dan besi sesuai yang diinginkan.
 - Rancang struktur dasar untuk unit pembakaran sampah.
 - Siapkan adonan untuk persiapan pengecoran pondasi.
 - Lakukan pengecoran pondasi pembakaran sampah.
 - Setelah kering, lepas rangka papan kayu pada pondasi.
 - Kemudian mulai menyusun hebel dengan menggunakan lem perekat.
 - Laksanakan pembangunan sesuai rancangan dan dimensi yang telah ditetapkan.
 - Selama proses pemasangan hebel, pasang rangkaian besi yang dihubungkan ke struktur hebel.
 - Pasang struktur besi setinggi sekitar 50 cm dari dasar pembakaran, berfungsi sebagai penghalang agar limbah tidak jatuh ke bawah dan tetap terpisah dari sumber api.
 - Lakukan pengecatan pada bagian luar unit pembakaran untuk meningkatkan daya tarik visual.
 - Setelah proses pengeringan selesai, fasilitas pembakaran dapat langsung dipoeraskan.



Gambar 6. Proses pembuatan Rocket Stove

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rocket Stove Pembakaran sampah Minim Asap

Rocket Stove merupakan perangkat dibuat khusus untuk mengolah limbah sampah melalui proses pembakaran pada suhu tertentu, menggunakan teknologi yang dirancang agar menghasilkan residu seminimal mungkin (Bagus PT, 2002). Alat pembakar sampah ini memanfaatkan teknologi konversi untuk mengolah limbah menjadi abu melalui proses pembakaran dalam tungku khusus. Proses tersebut berlangsung dalam empat tahap tertutup, yaitu pirolisis, gasifikasi, penyaringan, dan kondensasi.

Alat ini memiliki sejumlah keunggulan, antara lain:

- Metode proses pemusnahan limbah yang ramah lingkungan dengan teknologi rendah emisi dan hemat energi.
- Penampungan fleksibel yang cocok untuk ruang terbuka maupun tertutup.
- biaya operasional dan perawatan yang terjangkau dan mudah.
- sistem pengolahan limbah terpadu yang aman serta kemampuan mengolah berbagai jenis limbah secara efisien dan berkelanjutan.

Edukasi dan Sosialisasi pengelolaan limbah rumah tangga dengan teknologi pembakaran bebas atau minim asap

Upaya ini bertujuan memberikan pemahaman dan membangun kesadaran akan dampak pengelolaan sampah yang keliru, serta mengenalkan teknologi pengolahan limbah untuk mengatasi persoalan sampah di wilayah Bojong Loa, khususnya di area bantaran sungai. Pelatihan penggunaan Rocket Stove di Kampung Bojong Loa tujuannya untuk mengedukasi warga tentang cara operasional dan perawatan alat. Sehari sebelum pelatihan, alat telah diserahkan dan dipasang di lokasi strategis agar mudah digunakan. Pelatihan dilakukan secara langsung dengan melibatkan warga, menggunakan sampah sekitar sebagai bahan praktik. Kegiatan ini diharapkan meningkatkan pemahaman masyarakat dalam mengelola sampah secara efektif dan ramah lingkungan, serta menjaga kebersihan Kampung.



Gambar 7. Proses pengecatan Rocket Stove

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Alat pembakar sampah minim asap merupakan solusi sederhana untuk mengurangi pencemaran udara akibat pembakaran limbah. Penggunaan alat ini diharapkan dapat menggantikan metode pembakaran terbuka yang umum dilakukan warga serta berdampak positif bagi lingkungan disekitar. Melalui kegiatan pendampingan dan edukasi selama KKM di Kampung Bojong Loa, warga diajak memahami cara kerja dan manfaat alat tersebut dalam pengelolaan sampah. Dalam jangka panjang, teknologi ini diharapkan mendorong kebiasaan membuang sampah dengan benar serta mendorong terciptanya lingkungan yang bebas polusi, ramah kesehatan, dan nyaman untuk semua kalangan.



Gambar 8. Finishing Rocket Stove

DAFTAR PUSTAKA

- Adkins, E., Tyler, E., Wang, J., Siriri, D., & Modi, V. (2019). Field testing and survey evaluation of household biomass cookstoves in rural sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development*, 52, 63–73.
- Balachandar, R., & Srinivasan, K. (2019). Numerical analysis of flow and combustion in a rocket stove. *Fuel*, 254, 115676.
- Bekele, G., & Endeshaw, A. (2022). Experimental evaluation of improved biomass cookstoves in rural Ethiopia. *Energy for Sustainable Development*, 68, 79–87.
- Berrueta, V., Edwards, R., & Masera, O. (2019). Energy performance of rocket-type cookstoves in Mexico. *Energy for Sustainable Development*, 51, 81–89.
- Carter, E., Shan, M., Yang, X., Li, J., & Baumgartner, J. (2020). Pollutant emissions and energy efficiency of improved biomass cookstoves in China. *Environmental Science & Technology*, 54(1), 61–70.
- Choudhury, H., Paul, B., & Chakraborty, A. (2021). Comparative study of rocket stove and traditional chulha in rural India. *Renewable Energy*, 174, 621–629.
- Jagger, P., & Das, I. (2021). Implementation and scale-up of improved biomass cookstoves: Evidence from India. *Energy Policy*, 148, 111933.
- Jeyaseelan, T., Kumar, A., & Sundararajan, T. (2020). Experimental performance evaluation of a natural draft biomass cookstove with improved combustion. *Energy*, 200, 117481.

- Jiang, L., Wang, Y., & Zhao, X. (2022). Emission factors of household biomass fuels and improved stoves in China. *Science of the Total Environment*, 822, 153619.
- Jinsong, Z., Fang, L., & Yang, J. (2022). Comparative study of thermal efficiency and emissions of rocket stoves and gasifier stoves. *Energy Conversion and Management*, 254, 115275.
- Li, Z., Zhang, Y., & Chen, H. (2021). Performance and emission characteristics of rocket stoves fueled with agricultural residues. *Renewable Energy*, 170, 1270–1278.
- 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.
- Puzzolo, E., Pope, D., Stanistreet, D., & Bruce, N. (2020). Systematic review: Clean cooking interventions and household air pollution. *Environmental International*, 134, 105196.
- Quansah, R., Semple, S., Ochieng, C. A., Juvekar, S., Armah, F. A., Luginaah, I., & Emina, J. (2019). Effectiveness of interventions to reduce household air pollution and/or improve health in homes using solid fuel in low- and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 123, 240–249.
- Sharma, R., & Jain, S. (2021). Design and performance analysis of a rocket stove with enhanced air supply. *Renewable Energy*, 168, 1273–1281.
- Singh, P., Suresh, R., & Kumar, P. (2021). Emission and thermal performance evaluation of biomass-based improved cookstoves under field conditions. *Renewable Energy*, 172, 372–381.
- Suresh, R., & Kumar, P. (2020). Development and testing of a high-efficiency biomass rocket stove for rural households. *Renewable Energy*, 147, 2573–2581.
- Tucho, G. T., & Nonhebel, S. (2020). Bio-residue based rocket stoves: Adoption and sustainability. *Energy Reports*, 6, 171–179.
- Yadama, G., Patange, O., & Alexander, D. (2022). Scaling adoption of clean cooking: Evidence from improved biomass stoves. *Energy for Sustainable Development*, 66, 50–58.
- Zamawe, C., Phiri, R., & Chirwa, M. (2023). Adoption of improved cookstoves in Sub-Saharan Africa: Lessons from Malawi. *Energy Policy*, 180, 113484.