PENERAPAN TEKNOLOGI PEMBAKARAN *SMOKELESS* SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN EFISIENSI DAN PENGURANGAN EMISI ASAP DI DESA WANATIRTA

Fajar Kurniawan[1)], Ahmad Yassin[3)], Marcelo Antonio[3)], Putu Zaki Ananda Dharmaputra[3)], Jihan Naifah[4)], Rifqah Ardelia D. F.[4)] Muhammad Rizal[1)], Muhammad Rofif Al Mubarok[1)], Tegar Gading Ramadhan[1)], Athaya Nur Khayyirah[2)], Andromeda Dwi Laksono[1,*)], Muthia Putri Darsini Lubis[1)], Nia Sasria[1)], Yongki Christandi Batubara[3)]

[1]Teknik Material dan Metalurgi/Institut Teknologi Kalimantan
[2]Rekayasa Keselamatan/Institut Teknologi Kalimantan
[3]Teknik Mesin/Institut Teknologi Kalimantan
[4]Teknik Kimia/Institut Teknologi Kalimantan

E-mail: andromeda@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Household waste management in Wanatirta Village remains largely limited to waste collection, with inadequate environmentally sustainable downstream treatment. This situation contributes to waste accumulation and the practice of open burning, which can generate smoke, unpleasant odors, and environmental sanitation concerns. This community service program aimed to implement a low-smoke waste combustion technology and establish a waste bank to promote a more systematic and sustainable approach to household waste management. The program was implemented through several stages, including field observations, discussions with the local community, system design, material procurement, foundation construction, masonry installation, component assembly, finishing, and waste bank development. The results demonstrated that the low-smoke combustion system was successfully constructed in accordance with the proposed design, while the waste bank was established as a temporary collection and management facility for household waste. Furthermore, the program encouraged greater community participation in maintaining environmental cleanliness and enhanced residents' awareness and understanding of more responsible and sustainable waste management practices.

Keywords: *Waste Bank; Waste Management; Low-Smoke Incineration; Rocket Stove; Technology*

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah rumah tangga masih menjadi persoalan penting di kawasan permukiman karena penanganan yang tidak optimal dapat menurunkan kualitas lingkungan dan meningkatkan risiko kesehatan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik berpotensi mencemari tanah, air, dan udara serta mendukung berkembangnya vektor penyakit (WHO, 2024). Penumpukan sampah organik juga dapat menimbulkan bau akibat proses dekomposisi (Rudziak et al., 2024) dan menjadi tempat berkembang biak vektor penyakit (Krystosik et al., 2020). Sementara itu,

pembakaran sampah secara terbuka menghasilkan polutan yang berisiko terhadap sistem pernapasan (WHO, 2025) dan dilaporkan berkaitan dengan kejadian infeksi saluran pernapasan akut pada anak di Indonesia (Irianti dan Prasetyoputra, 2018). Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pengelolaan sampah yang mencakup pengumpulan, pemilahan, pengolahan, dan pemanfaatan secara terarah (Hariati, 2025).

Permasalahan ini juga relevan dengan perkembangan Kota Balikpapan. Pada tahun 2024, Kecamatan Balikpapan Utara memiliki 195.158 penduduk, sedangkan Kelurahan Karang Joang, lokasi Desa Wanatirta, dihuni 38.493 penduduk dalam 12.716 kepala keluarga dan 64 RT. Wilayah Karang Joang memiliki luas 102,33 km² atau sekitar 74,02% dari luas Balikpapan Utara, dengan kepadatan sekitar 376 jiwa/km² (BPS Kota Balikpapan, 2025). Pada tahun yang sama, volume sampah Kota Balikpapan meningkat dari sekitar 450 menjadi 520 ton per hari (Pemerintah Kota Balikpapan, 2024). Meskipun 51.638,26 ton sampah telah didaur ulang, pengelolaannya masih menghadapi tantangan berupa peningkatan timbulan sampah, rendahnya kesadaran pengurangan dan partisipasi daur ulang, keterbatasan sarana prasarana, serta kapasitas TPA (Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan, 2025).

Penanganan sampah rumah tangga memerlukan keterlibatan masyarakat karena pengurangan dan pemilahan idealnya dimulai dari sumbernya (Pemerintah Republik Indonesia, 2012). Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 juga menegaskan peran masyarakat dalam penyelenggaraan pengelolaan sampah. Edukasi, konsultasi, dan pendampingan diketahui dapat mendorong terbentuknya kelompok pengelola sampah mandiri (Sulistiyani dan Wulandari, 2017). Pelibatan masyarakat juga dapat meningkatkan pemahaman dan praktik pemilahan sampah rumah tangga (Zakianis et al., 2018), sekaligus mendorong perubahan perilaku dan memperkuat tata kelola sampah berbasis masyarakat (Marlina, 2020).

RT 25 Desa Wanatirta, Kelurahan Karang Joang, sebelumnya telah terlibat dalam program pengabdian kepada masyarakat melalui revitalisasi identitas wilayah, pemasangan papan informasi, dan penguatan akses informasi lingkungan. Kegiatan tersebut memberikan dampak positif terhadap keteraturan kawasan sekaligus menunjukkan keterbukaan masyarakat terhadap program pengembangan lingkungan (Ngabito et al., 2025). Pelaksanaan kegiatan secara partisipatif dan kolaboratif juga memperlihatkan adanya dukungan masyarakat dan pengurus RT (Ngabito et al.,

2025). Kondisi lingkungan yang memiliki potensi rekreasi dan pariwisata alam semakin memperkuat pentingnya kebersihan dan kelestarian kawasan.

Berdasarkan observasi awal, RT 25 telah memiliki tempat penampungan sampah bersama, tetapi pengelolaannya masih berfokus pada pengumpulan dan belum diikuti pemilahan maupun pengolahan lanjutan secara terstruktur. Kondisi ini berpotensi menimbulkan penumpukan, bau, dan pembakaran terbuka. Praktik pembakaran terbuka perlu diminimalkan karena menghasilkan polutan yang berisiko terhadap kesehatan pernapasan (WHO, 2025), termasuk peningkatan risiko ISPA pada anak balita sebagaimana dilaporkan dalam konteks Indonesia (Irianti dan Prasetyoputra, 2018). Pengelolaan limbah harian yang tepat merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga kesehatan lingkungan (Exposto, 2025).

Data khusus mengenai timbulan sampah di RT 25 belum tersedia. Oleh sebab itu, kondisi eksisting diidentifikasi melalui observasi lapangan, dokumentasi, diskusi dengan Ketua RT, serta pengamatan terhadap pola penanganan sampah. Hasil identifikasi menunjukkan adanya kesenjangan antara kegiatan pengumpulan dan pengolahan setelah sampah terkumpul. Temuan tersebut menjadi dasar pemilihan RT 25 sebagai lokasi kegiatan berdasarkan kesesuaian kebutuhan, kesiapan masyarakat, dan keberlanjutan kemitraan, bukan karena wilayah ini dianggap memiliki permasalahan sampah yang lebih berat dibandingkan wilayah lain.

Keterbatasan sarana pengolahan pada tingkat lingkungan menunjukkan perlunya sistem yang sederhana, dekat dengan sumber sampah, dan dapat dijalankan secara mandiri. Pengelolaan berkelanjutan perlu mengintegrasikan pengumpulan, pemilahan, pengolahan, dan penguatan

METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat (PPM) di RT 25 Desa Wanatirta mencakup pendekatan pendidikan masyarakat, konsultasi, difusi Iptek, pelatihan, dan substitusi Iptek. Edukasi diberikan mengenai pengelolaan dan pemilahan sampah, dampak pembakaran terbuka, serta penggunaan teknologi *Smokeless*. Permasalahan dan kebutuhan mitra diidentifikasi melalui observasi dan konsultasi dengan masyarakat.

Difusi dan substitusi Iptek diwujudkan melalui pembangunan alat *Smokeless* dan bank sampah, sedangkan pelatihan diberikan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pengoperasian, keamanan, dan pemeliharaan alat.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara bertahap dengan melibatkan tim pelaksana, mahasiswa, pengurus RT, dan masyarakat. Tahapan kegiatan dilaksanakan sebagai berikut:

1. Observasi dan konsultasi mitra: Identifikasi kondisi pengelolaan sampah, lokasi, dan kebutuhan teknologi bersama masyarakat.
2. Persiapan lokasi dan material: Pembersihan area serta penyiapan bahan konstruksi Smokeless dan bank sampah.
3. Pembuatan pondasi: Pembangunan pondasi yang kuat dan stabil untuk alat Smokeless.
4. Pembangunan ruang pembakaran: Penyusunan hebel serta pemasangan komponen pembakaran dan sirkulasi udara.
5. Pemasangan dan finishing: Pemasangan pelindung, plester, pengecatan, dan perapian konstruksi.
6. Pembuatan bank sampah: Perakitan dan pengecatan fasilitas untuk pemilahan dan penampungan sampah.
7. Sosialisasi dan uji coba: Pelatihan pengoperasian, keamanan, pemeliharaan, serta demonstrasi alat.
8. Evaluasi dan penyerahan: Evaluasi pemahaman masyarakat, pemeriksaan fasilitas, dan penyerahan kepada mitra.



Gambar 2. Pembuatan Pondasi ‘Smokeless’

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi menunjukkan bahwa pengelolaan sampah rumah tangga di RT 25 Desa Wanatirta masih terkendala pada tahap pengolahan setelah pengumpulan. Meskipun telah tersedia tempat penampungan bersama, sistem pemilahan dan pengolahan lanjutan belum dilakukan secara terstruktur sehingga sampah berpotensi menumpuk dan sebagian masih ditangani melalui pembakaran terbuka. Kondisi tersebut perlu diperhatikan karena pembakaran terbuka sampah rumah tangga dapat menghasilkan partikulat dan *black carbon* yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan (Ramadan et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mengintegrasikan pengumpulan, pemilahan, dan pengolahan sampah secara lebih terarah.



Gambar 3. Alat *Smokeless*

Berdasarkan hasil diskusi dengan pengurus RT dan masyarakat, teknologi *Smokeless* diterapkan sebagai ruang pembakaran tertutup agar proses pembakaran lebih terkendali dibandingkan pembakaran terbuka. Distribusi dan suplai udara berpengaruh terhadap kestabilan, efisiensi, serta pembentukan emisi selama pembakaran (Liu et al., 2024; Li et al., 2024). Prinsip tersebut diterapkan melalui ruang bakar dan jalur sirkulasi udara. Namun, karena pengukuran emisi secara instrumental belum dilakukan, kinerja alat pada kegiatan ini dinilai berdasarkan proses pembakaran dan pengurangan asap yang teramati selama pengujian.

Alat *Smokeless* terdiri atas pondasi, ruang pembakaran berbahan hebel, serta penyangga internal yang mendukung penempatan sampah dan sirkulasi udara. Konstruksi yang stabil dan distribusi udara yang memadai menjadi aspek penting karena memengaruhi proses pembakaran dan pembentukan gas hasil pembakaran (Liu et al., 2024; Li et al., 2024).

Selain *Smokeless*, dibangun bank sampah sebagai fasilitas pengumpulan dan

pemilahan untuk memisahkan sampah yang masih bernilai guna dari residu. Fasilitas ini sekaligus menjadi sarana edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pemilahan, daur ulang, serta pengelolaan sampah yang lebih sistematis (Atmanti & Rejekiningsih, 2024).

Dalam penerapannya, *Smokeless* digunakan untuk menangani residu yang sesuai dan bukan untuk membakar seluruh jenis sampah. Uji coba dilakukan menggunakan 141 kg sampah organik dalam ruang bakar tertutup dengan suplai udara melalui ventilasi. Hasil pengamatan menunjukkan proses pembakaran berlangsung dengan asap yang minim. Hal ini penting mengingat pembakaran terbuka dapat menghasilkan polutan yang berdampak terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat (WHO, 2025). Sampah berbahaya, limbah elektronik, bahan kimia rumah tangga, dan material yang berpotensi menghasilkan polutan berbahaya tidak diperbolehkan untuk dibakar (WHO, 2025). Oleh karena itu, pemilahan tetap menjadi tahapan utama sebelum pembakaran.

Kombinasi bank sampah dan *Smokeless* membentuk sistem pengelolaan yang saling melengkapi. Bank sampah mendukung pengumpulan, pemilahan, dan pemanfaatan kembali sampah, sedangkan *Smokeless* digunakan untuk menangani residu tertentu yang sebelumnya berpotensi dibakar secara terbuka. Pendekatan ini sekaligus mendorong keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan sampah rumah tangga (Atmanti & Rejekiningsih, 2024).



Gambar 4. Sosialisasi Kinerja Alat *Smokeless*

Hasil uji coba menunjukkan bahwa asap yang terlihat selama penggunaan *Smokeless* lebih terkendali dibandingkan pembakaran terbuka. Namun, hasil tersebut masih bersifat observasional karena pengukuran kualitas udara dan emisi belum dapat dilakukan menggunakan instrumen. Oleh karena itu, penurunan konsentrasi

emisi belum dapat disimpulkan secara kuantitatif dan tidak dapat diklaim untuk pengurangan emisi.

SIMPULAN

Program Inovasi Sosial *Smokeless* di RT 25 Desa Wanatirta berhasil mengintegrasikan teknologi pembakaran terkendali dengan bank sampah sebagai alternatif pengelolaan sampah rumah tangga yang lebih terarah. Program ini turut mendorong partisipasi dan pemahaman masyarakat dalam pengelolaan sampah. Namun, efektivitas *Smokeless* masih dievaluasi secara observasional dan belum didukung pengukuran emisi secara kuantitatif. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya perlu mencakup pengukuran emisi, efisiensi pembakaran, kapasitas pengolahan, serta evaluasi penggunaan alat dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan, A., Darmin, D., & Syafruddin, S. (2025). Inovasi SAMPAH MAS (Sistem Pengelolaan dan Manajemen Sampah) sebagai solusi pengelolaan sampah berkelanjutan. *I-Com: Indonesian Community Journal, 5*(3), 1393–1403. https://doi.org/10.70609/i-com.v5i3.7735

Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan. (2025). *Kecamatan Balikpapan Utara dalam angka 2025*. BPS Kota Balikpapan.

Dewi, A. P., Karimah, H. S., Rahmawati, L. A., Asharuddin, R., & Dewinggih, T. (2024). Pengelolaan sampah berbasis teknologi: Incinerator sebagai solusi pengolahan sampah di RW 16 Desa Cigugurgirang. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 5*(7), 1–11.

Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan. (2025a). *Jumlah timbulan sampah yang didaur ulang*. Pemerintah Kota Balikpapan.

Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan. (2025b). *Rencana strategis Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan tahun 2025–2029*. Pemerintah Kota Balikpapan.

Diyah, H., Ramadani, T. P., Lutfi, D. K. R., Sulaeman, D. R., Ariza, S., & Hamka, H. (2025). Peningkatan pelayanan pengelolaan tempat penampungan sementara melalui pendekatan manajemen sumber daya manusia dalam lingkup kolaborasi di Kelurahan Petamburan. *Jurnal Sumber Daya Aparatur, 7*(1),

23–38. https://doi.org/10.32834/jsda.v7i1.912

Exposto, L. A. S. (2025). *Kesehatan lingkungan: Dari teori ke praktek untuk menjaga Ibu Bumi, menyelamatkan generasi*. Penerbit KBM Indonesia.

Hariati, J. (2025). Dampak pengelolaan sampah rumah tangga terhadap kesehatan lingkungan di permukiman padat di Kelurahan Kekalik Jaya, Mataram. *Journal of Medical and Health Sciences, 1*(1), 21–26.

Heaney, C. D., Wing, S., Campbell, R. L., Caldwell, D., Hopkins, B., Richardson, D., & Yeatts, K. (2011). Relation between malodor, ambient hydrogen sulfide, and health in a community bordering a landfill. *Environmental Research, 111*(6), 847–852.

Irianti, S., & Prasetyoputra, P. (2018). Open burning of household solid waste and child respiratory health: Evidence from Indonesia. *Jurnal Ekologi Kesehatan, 17*(3), 123–134.

Krystosik, A., Njoroge, G., Odhiambo, L., Forsyth, J. E., Mutuku, F., & LaBeaud, A. D. (2020). Solid wastes provide breeding sites, burrows, and food for biological disease vectors, and urban zoonotic reservoirs: A call to action for solutions-based research. *Frontiers in Public Health, 7*, 405. https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00405

Marlina, A. (2020). Tata kelola sampah rumah tangga melalui pemberdayaan masyarakat dan desa di Indonesia. *Jurnal Ilmu Pendidikan (JIP) STKIP Kusuma Negara, 11*(2), 125–144.

Ngabito, O. F., Pratama, M. I., Mahulae, I. G., Siratramdanin, R., Syafitri, S. I., Nurliana, F., Amalia, Z., & Ferdiansyah,

S. (2025). Revitalisasi identitas wilayah RT 25 di Desa Wanatirta Balikpapan. *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat (SEPAKAT), 4*(5), 125–130. https://doi.org/10.35718/sepakat.v4i5.8481745

Pemerintah Kota Balikpapan. (2024). *Informasi perkembangan pengelolaan sampah Kota Balikpapan*. Pemerintah Kota Balikpapan.

Pemerintah Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*.

Pemerintah Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan*

Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

Ramadan, B. S., Rosmalina, R. T., Syafrudin, S., Khair, H., Rachman, I., & Matsumoto, T. (2023). Potential risks of open waste burning at the household level: A case study of Semarang, Indonesia. *Aerosol and Air Quality Research, 23*, 220412. https://doi.org/10.4209/aaqr.220412

Rudziak, P., Batung, E., & Luginaah, I. (2024). The effects of gases from food waste on human health: A systematic review. *PLOS ONE, 19*(3), e0300801. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300801

Sulistyani, A. T., & Wulandari, Y. (2017). Proses pemberdayaan masyarakat Desa Sitimulyo Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul dalam pembentukan kelompok pengelola sampah mandiri (KPSM). *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement), 2*(2), 146–162. https://doi.org/10.22146/jpkm.27024

Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Medlicott, K., Tudor, T., Zurbrügg, C., & Vaccari, M. (2021). Municipal solid waste management and adverse health outcomes: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(8), 4331. https://doi.org/10.3390/ijerph18084331

World Health Organization. (2024). *Guidance on solid waste and health: Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment*.

World Health Organization. (2025). *Open waste burning: Sectoral solutions for air pollution and health*.

Zakianis, Z., Koesoemawardani, P., Fauzia, S., Asror, M. M., & Ferliana, E. (2018). The citizens' participation of household solid waste management and monitoring of household solid waste separation in Kelurahan Abadijaya, Kecamatan Sukmajaya, Depok. *ASEAN Journal of Community Engagement, 2*(2). https://doi.org/10.7454/ajce.v2i2.141