

Pilot Implementation and Initial Operational Evaluation of a Simple Drum-Based Incinerator through KKN 52 in Karang Rejo, Balikpapan

Pilot Penerapan dan Evaluasi Operasional Awal Insinerator Sederhana Berbasis Drum melalui KKN 52 di Karang Rejo, Balikpapan

Muhammad Rizky^{1*}, Gusti Kayla Fadilah Hafsyari², Giesha Putri Slania³, Arindhira Putri Rianto⁴, Muhammad Farras Azmi⁵, Rika Rachmatiana⁶, Dina Lusiana Setyowati⁷

¹ Program Studi S1 Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

² Program Studi S1 Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

³ Program Studi S1 Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

⁴ Program Studi S1 Psikologi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

⁵ Program Studi S1 Ilmu Pemerintahan, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

⁶ Program Studi S1 Hukum, Fakultas Hukum, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

⁷ Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia

* Alamat Koresponding. E-mail: dinalusiana@fkm.unmul.ac.id (D.L.S.); Tel. +62-813-2829-2303.

ABSTRACT: Karang Rejo, a densely populated and hilly urban sub-district in Central Balikpapan, faces constraints in household-level waste handling because of limited space and narrow settlement access. This KKN 52 community service program aimed to document the participatory design, construction, and initial operational evaluation of a simple drum-based incinerator as a pilot waste-reduction unit. The activity adopted participatory action principles through field identification and coordination with local stakeholders, fabrication of one unit, and an initial operational trial. The unit measured 45 cm in height and 58 cm in diameter and incorporated 11 ventilation openings in both the lower and upper sections. Field records indicated that a 10–15 kg mixed-waste feed was combusted within approximately 5–10 minutes, while visible smoke was qualitatively observed as low to moderate. These observations demonstrate only initial operational functionality; temperature, mass reduction, particulate matter, carbon monoxide, nitrogen oxides, dioxins/furans, and other emissions were not measured. Therefore, the program does not establish emission safety, regulatory compliance, sustained landfill diversion, or long-term effectiveness. Continued use or replication should be preceded by source segregation, operating procedures, quantitative performance monitoring, and appropriate emission and safety assessment.

KEYWORDS: Community service; Waste management; Simple incinerator; Operational evaluation; Karang Rejo

ABSTRAK: Kelurahan Karang Rejo merupakan kawasan perkotaan yang padat dan berbukit di Balikpapan Tengah sehingga menghadapi keterbatasan ruang dan akses dalam pengelolaan sampah tingkat lingkungan. Program pengabdian masyarakat KKN 52 ini bertujuan mendokumentasikan proses partisipatif perancangan, pembuatan, dan evaluasi operasional awal satu unit insinerator sederhana berbasis drum sebagai pilot pengurangan volume sampah. Kegiatan mengadopsi prinsip partisipatif melalui identifikasi lapangan dan koordinasi dengan pemangku kepentingan lokal, fabrikasi unit, serta uji coba awal. Unit memiliki tinggi 45 cm, diameter 58 cm, dan masing-masing 11 lubang ventilasi pada bagian bawah dan atas. Catatan lapangan menunjukkan umpan sampah campuran 10–15 kg terbakar dalam sekitar 5–10 menit, dengan asap visual dikategorikan rendah hingga sedang. Temuan tersebut hanya menunjukkan fungsi operasional awal karena suhu, pengurangan massa, partikulat, karbon monoksida, nitrogen oksida, dioksin/furan, dan parameter emisi lain tidak diukur. Dengan demikian, kegiatan ini belum membuktikan keamanan emisi, kepatuhan terhadap baku mutu, pengurangan sampah ke TPA secara berkelanjutan, maupun efektivitas jangka panjang. Pemanfaatan atau replikasi selanjutnya memerlukan pemilahan sumber, prosedur operasi, pemantauan kinerja kuantitatif, serta penilaian emisi dan keselamatan yang sesuai.

Cara mensitasi artikel ini: Rizky M, Hafsyari GKF, Slania GP, Rianto AP, Azmi MF, Rachmatiana R, Setyowati DL. Pilot Implementation and Initial Operational Evaluation of a Simple Drum-Based Incinerator through KKN 52 in Karang Rejo, Balikpapan (Pilot Penerapan dan Evaluasi Operasional Awal Insinerator Sederhana Berbasis Drum melalui KKN 52 di Karang Rejo, Balikpapan). DESAMU Pros Disem KKN UNMUL. 2026; 2: 295-305.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat,
Universitas Mulawarman
ISSN: 3124-520X

DESAMU Pros Disem KKN UNMUL

Kata Kunci: Pengabdian masyarakat; Pengelolaan sampah; Insinerator sederhana; Evaluasi operasional; Karang Rejo

1. PENDAHULUAN

Perguruan tinggi memiliki peran strategis dalam melaksanakan Tri Dharma, termasuk pengabdian kepada masyarakat melalui Kuliah Kerja Nyata (KKN). Dalam konteks ini, KKN tidak hanya berfungsi sebagai aktivitas pembelajaran lapangan, tetapi juga sebagai ruang kolaborasi untuk mengidentifikasi persoalan lokal, menguji solusi yang proporsional, dan memperkuat kapasitas masyarakat. Nilai utama program pengabdian terletak pada kesesuaian antara intervensi, karakteristik wilayah, keterlibatan mitra, serta kemampuan program untuk mendokumentasikan capaian dan keterbatasannya secara transparan.

Persoalan pengelolaan sampah menjadi semakin penting pada kawasan perkotaan dengan kepadatan penduduk tinggi dan ketersediaan lahan terbatas. Pertumbuhan timbunan sampah dan berkurangnya ruang untuk fasilitas pengolahan akhir menuntut kombinasi strategi pengurangan, pemilahan, pengumpulan, pemanfaatan kembali, pengolahan organik, serta penanganan residu yang sesuai konteks. Di Kota Balikpapan, TPA Manggar menjadi fasilitas utama pengelolaan akhir, sementara kajian lokal menunjukkan perlunya penguatan upaya pengurangan beban sampah melalui pengelolaan di hulu dan teknologi yang tepat guna (Hayati et al., 2026). Tantangan keterbatasan lahan untuk pengembangan TPA juga ditemukan di daerah lain dan menjadi salah satu pertimbangan penting dalam perencanaan sistem persampahan jangka panjang (Purnawan et al., 2026).

Kelurahan Karang Rejo merupakan bagian dari Kecamatan Balikpapan Tengah. Berdasarkan publikasi statistik wilayah, Balikpapan Tengah memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, sedangkan profil Kelurahan Karang Rejo menggambarkan kawasan permukiman yang padat dan berkembang pada kontur berbukit (Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan, 2025; Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, 2023). Kondisi tersebut berimplikasi pada keterbatasan ruang kosong di sekitar rumah, akses gang yang sempit dan menanjak, serta kebutuhan pengelolaan sampah yang tidak menambah tekanan ruang di lingkungan permukiman.

Salah satu teknologi yang sering diperkenalkan dalam program pengabdian adalah unit pembakaran skala kecil berbahan drum. Beberapa kegiatan pengabdian di Indonesia melaporkan bahwa insinerator sederhana dapat dibangun dengan bahan yang relatif mudah diperoleh dan dapat digunakan sebagai media demonstrasi pengurangan volume residu (Broto et al., 2024; Fadillah et al., 2025; Makalalag et al., 2025). Program sejenis juga telah dilaporkan di Balikpapan Utara dengan fokus pada sistem pembakaran minim asap dan keterlibatan masyarakat (Hijriah et al., 2026), serta pada pengelolaan sampah berbasis komunitas menggunakan insinerator drum (Hidayat et al., 2026).

Namun, istilah "minim asap" tidak dapat disamakan dengan "rendah emisi" atau "aman" apabila tidak didukung pengukuran instrumen. Literatur menunjukkan bahwa pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka atau pada unit sederhana dapat menghasilkan partikulat dan berbagai polutan, terutama ketika komposisi sampah tidak dipilah dan mengandung plastik atau material berklorin (Ramadan et al., 2022). Studi pada insinerator skala kecil tanpa pengendalian pencemaran udara juga menunjukkan potensi emisi dioksin/furan yang perlu diperhatikan (Zhang et al., 2019; Yang et al., 2019). Di Indonesia, pengolahan sampah secara termal berada dalam kerangka baku mutu emisi, sehingga penilaian visual terhadap asap tidak dapat digunakan sebagai bukti kepatuhan terhadap persyaratan emisi (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016).

Atas dasar itu, artikel ini tidak menempatkan unit yang dibuat sebagai solusi yang telah terbukti efektif atau aman, melainkan sebagai pilot teknologi tepat guna dalam konteks KKN yang memerlukan evaluasi lanjutan. Kontribusi artikel adalah mendokumentasikan proses partisipatif, spesifikasi unit, capaian konstruksi, hasil uji operasional awal, keterbatasan pengukuran, serta kebutuhan monitoring pascakegiatan. Pendekatan ini penting agar laporan pengabdian tidak berhenti pada narasi keberhasilan pembuatan alat, tetapi juga memberikan dasar evaluasi bagi mitra sebelum pemanfaatan rutin atau replikasi.

Berdasarkan konteks tersebut, kegiatan KKN 52 Karang Rejo bertujuan: (1) mengidentifikasi kebutuhan dan lokasi yang memungkinkan untuk pilot pengelolaan sampah berbasis unit skala kecil; (2) merancang dan membangun satu unit insinerator sederhana berbahan drum; (3) melakukan uji operasional awal terhadap fungsi pembakaran dan kondisi visual asap; dan (4) menyusun batas interpretasi serta rencana monitoring sebagai dasar tindak lanjut. Fokus evaluasi berada pada keterlaksanaan program dan fungsi awal unit, bukan pada pembuktian efektivitas lingkungan atau kesehatan jangka panjang.

2. METODE DAN PELAKSANAAN KEGIATAN

2.1 Lokasi, Mitra, dan Pendekatan Kegiatan

Kegiatan dilaksanakan di Kelurahan Karang Rejo, Kecamatan Balikpapan Tengah, Kota Balikpapan, dalam rangka KKN 52 Universitas Mulawarman. Tim terdiri atas mahasiswa lintas program studi di bawah pendampingan dosen pembimbing lapangan, dengan koordinasi bersama aparatatur kelurahan, pengurus RT, puskesmas, dan unsur masyarakat. Artikel ini membahas satu program kerja utama bidang sanitasi lingkungan, yaitu pembuatan dan uji awal insinerator sederhana berbasis drum.

Pelaksanaan mengadopsi prinsip partisipatif yang sejalan dengan Participatory Action Research (PAR), terutama pada keterlibatan mitra dalam identifikasi masalah, penentuan lokasi, pelaksanaan tindakan, dan refleksi terhadap hasil awal. Meskipun demikian, kegiatan ini bukan penelitian PAR penuh dengan siklus berulang dan pengukuran perubahan perilaku; karena itu, evaluasi dilaporkan sebagai evaluasi proses dan luaran awal secara deskriptif. Penggunaan istilah partisipatif dimaksudkan untuk menegaskan bahwa keputusan lokasi dan pemanfaatan unit tidak ditentukan oleh tim mahasiswa secara sepihak.

2.2. Tahap 1 - Identifikasi Lapangan dan Koordinasi

Identifikasi lapangan dilakukan untuk mengenali kondisi permukiman, akses, ketersediaan ruang, pola pengelolaan sampah, dan lokasi yang memungkinkan untuk penempatan pilot. Koordinasi lapangan difokuskan terutama pada RT 35, RT 36, RT 37, dan RT 38 serta dilakukan bersama aparatatur kelurahan. Pemilihan lokasi mempertimbangkan aksesibilitas, jarak dari aktivitas warga, kemudahan pengawasan, dan ketersediaan ruang. Berdasarkan hasil koordinasi, halaman Kantor Kelurahan Karang Rejo dipilih sebagai lokasi unit agar lebih mudah dipantau daripada menempatkannya langsung di area rumah warga.

Pada tahap ini, tim juga berdiskusi mengenai program sanitasi lingkungan dan kebutuhan edukasi masyarakat. Temuan lapangan digunakan untuk menyesuaikan bentuk unit dan cara demonstrasi. Tidak dilakukan survei kuantitatif rumah tangga, pengukuran timbulan sampah per kapita, atau pemetaan komposisi sampah secara sistematis; keterbatasan tersebut dicatat karena akan memengaruhi interpretasi terhadap kebutuhan kapasitas unit.

2.3. Tahap 2 - Perancangan dan Pembuatan Unit

Unit dibuat dari drum bekas yang masih layak secara fisik. Rancangan akhir memiliki tinggi sekitar 45 cm dan diameter 58 cm. Bagian bawah dan bagian atas masing-masing diberi 11 lubang ventilasi untuk mendukung aliran udara. Secara konseptual, lubang bawah berfungsi sebagai suplai udara primer ke ruang bakar, sedangkan lubang atas dimaksudkan untuk meningkatkan pencampuran udara pada bagian atas ruang pembakaran. Rancangan tidak dilengkapi dengan sistem pemantauan suhu, cerobong terukur, scrubber, bag filter, injeksi karbon aktif, atau perangkat kendali emisi lain.

Proses fabrikasi mencakup pemilihan drum, pemotongan dan pembentukan bagian unit, pembuatan ventilasi, penyusunan lapisan bagian dalam, pemeriksaan fisik sambungan, serta penempatan unit pada lokasi yang disepakati. Pembuatan berlangsung dalam satu hari kerja dengan keterlibatan anggota tim KKN. Pemeriksaan akhir bersifat visual dan fungsional untuk memastikan tidak ada komponen longgar dan aliran udara tidak tertutup.

2.4. Tahap 3 - Uji Operasional Awal dan Parameter Evaluasi

Uji operasional awal dilakukan setelah unit selesai dibuat. Berdasarkan dokumentasi kegiatan, bahan uji berupa campuran sampah yang tersedia di lokasi, termasuk plastik, kardus, kertas, dan bahan organik. Komposisi tersebut mencerminkan kondisi uji lapangan, tetapi tidak dimaksudkan sebagai rekomendasi komposisi bahan bakar untuk penggunaan rutin. Mengingat potensi pembentukan polutan dari pembakaran material campuran, terutama plastik, implementasi selanjutnya harus didahului pemilahan sumber dan penilaian teknis-regulatif yang sesuai (Ramadan et al., 2022; Zhang et al., 2019).

Parameter yang dicatat dalam uji awal meliputi perkiraan massa umpan, durasi pembakaran, kemudahan penyalaan dan pengoperasian, kondisi visual asap, serta keberadaan residu abu. Massa umpan yang dilaporkan berada pada kisaran 10-15 kg dengan durasi pembakaran yang dicatat sekitar 5-10 menit. Kategori asap "rendah hingga sedang" berasal dari observasi visual tim dan bukan hasil pengukuran konsentrasi emisi. Tidak dilakukan pengukuran suhu ruang bakar, laju alir gas, partikulat (PM), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), hidrogen klorida (HCl), logam berat, dioksin/furan, maupun parameter emisi lainnya.

Evaluasi program dibagi menjadi tiga tingkat bukti. Pertama, bukti proses berupa terlaksananya koordinasi, konstruksi, dan uji coba. Kedua, bukti luaran berupa terbentuknya unit dengan spesifikasi yang terdokumentasi dan dapat dioperasikan pada uji awal. Ketiga, outcome yang belum tersedia, yaitu pengurangan massa/volume sampah secara terukur, frekuensi pemanfaatan setelah KKN, pengurangan sampah yang dikirim ke TPA Manggar,

kepatuhan emisi, dampak kesehatan, dan keberlanjutan pengelolaan. Pemisahan tingkat bukti ini digunakan agar klaim hasil tetap sebanding dengan data yang tersedia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ketercapaian Proses dan Luaran Awal

Program terlaksana melalui tiga rangkaian utama: identifikasi dan koordinasi lokasi, fabrikasi unit, serta uji operasional awal. Satu unit insinerator berbasis drum berhasil dibuat dan ditempatkan di halaman Kantor Kelurahan Karang Rejo. Berdasarkan dokumentasi lapangan, unit dapat dinyalakan dan digunakan pada uji awal. Capaian ini menunjukkan keterlaksanaan proses dan fungsi dasar alat, tetapi belum menggambarkan efektivitas pengelolaan sampah secara keseluruhan.

Pemisahan antara capaian proses dan outcome penting dalam artikel pengabdian. Pembuatan alat dalam satu hari dan keberhasilan menyalakan unit merupakan indikator output, bukan bukti bahwa alat aman digunakan secara rutin atau mampu menurunkan beban TPA. Dengan kerangka tersebut, Tabel 1 menyajikan capaian yang dapat dibuktikan dari kegiatan dan membatasi indikator pada data yang benar-benar tersedia.

Tabel 1. Ketercapaian program dan batas bukti yang tersedia

Tahap	Indikator	Capaian yang terdokumentasi	Batas interpretasi
Identifikasi dan koordinasi	Lokasi pilot ditetapkan bersama mitra	Koordinasi terutama pada RT 35-38 dan aparaturnya kelurahan; lokasi unit di halaman kantor kelurahan	Tidak ada survei kuantitatif timbulan/komposisi sampah rumah tangga
Konstruksi	Satu unit selesai dibuat	Tinggi 45 cm; diameter 58 cm; 11 ventilasi bawah dan 11 ventilasi atas; selesai dalam satu hari	Tidak ada pengujian material, temperatur desain, atau kendali emisi terintegrasi
Uji operasional awal	Unit dapat dinyalakan dan digunakan	Umpan 10-15 kg; durasi teramati sekitar 5-10 menit; asap visual rendah-sedang	Observasi tunggal/awal; tidak ada pengukuran emisi, reduksi massa, atau pengulangan terstandar
Tindak lanjut	Kerangka monitoring disusun	Parameter operasional, keselamatan, emisi, dan keberlanjutan diusulkan	Belum terdapat data pasca-KKN untuk menilai penggunaan rutin atau replikasi

3.2. Perencanaan dan Penentuan Lokasi

Observasi lapangan menunjukkan bahwa kepadatan permukiman dan keterbatasan ruang merupakan pertimbangan utama dalam pemilihan lokasi. Koordinasi dengan pengurus RT dan aparaturnya kelurahan membantu menghindari penempatan unit di titik yang sulit diawasi. Pemilihan halaman kantor kelurahan memberikan keuntungan berupa akses yang lebih terbuka, pengawasan institusional, dan kemudahan demonstrasi. Namun, lokasi ini tidak secara otomatis menjamin keamanan paparan; penilaian jarak terhadap bangunan, arah angin, keberadaan kelompok rentan, dan keluhan warga perlu menjadi bagian dari evaluasi apabila unit akan digunakan berulang.



Gambar 1. Koordinasi lapangan bersama pengurus RT dan aparaturnya Kelurahan Karang Rejo

Keterlibatan mitra pada tahap lokasi memperkuat aspek partisipatif program karena masyarakat dan aparat setempat memiliki pengetahuan kontekstual mengenai pola aktivitas, akses, dan area yang relatif lebih memungkinkan untuk penempatan fasilitas. Dalam pengabdian berbasis teknologi, proses ini penting untuk

mengurangi risiko solusi yang secara teknis dapat dibuat tetapi tidak sesuai dengan pola penggunaan ruang masyarakat.

3.3. Perancangan dan Pembangunan Insinerator

Unit yang dibangun menggunakan prinsip ventilasi pasif melalui lubang pada bagian bawah dan atas. Lubang bawah menyediakan suplai udara untuk pembakaran awal, sedangkan ventilasi atas ditujukan untuk meningkatkan pencampuran udara pada zona atas. Konfigurasi tersebut sejalan dengan gagasan pembakaran bertingkat yang banyak digunakan untuk meningkatkan kestabilan pembakaran; namun, efektivitas pembakaran sekunder sangat dipengaruhi suhu, rasio udara, komposisi bahan, dan waktu tinggal gas. Kajian Wang et al. (2026) menunjukkan bahwa karakteristik ruang pembakaran sekunder berpengaruh terhadap fluktuasi NO_x, sementara Tian et al. (2021) menunjukkan bahwa kondisi temperatur dan pencampuran gas berkaitan dengan pembentukan NO_x. Karena parameter tersebut tidak diukur pada unit KKN, istilah "pembakaran dua tingkat" di sini harus dipahami sebagai prinsip desain aliran udara, bukan verifikasi proses termal yang lengkap.

Keunggulan utama dari sisi pengabdian adalah kesederhanaan fabrikasi dan penggunaan bahan yang mudah diperoleh. Seluruh proses dapat dilakukan dengan peralatan bengkel sederhana seperti gerinda, bor, tang, dan palu. Di sisi lain, kesederhanaan desain juga menjadi keterbatasan karena unit tidak memiliki perangkat kontrol emisi. Literatur pada insinerator skala kecil menunjukkan bahwa ketiadaan pengendalian pencemaran udara dapat berkaitan dengan emisi dioksin/furan yang tinggi, sehingga pengembangan alat tidak boleh berhenti pada observasi warna asap (Zhang et al., 2019; Yang et al., 2019).



Gambar 2. Proses fabrikasi dan pemeriksaan fisik unit insinerator sederhana

3.4. Hasil Uji Operasional Awal

Pada uji awal, catatan lapangan menunjukkan unit menerima sekitar 10-15 kg sampah campuran dan proses pembakaran yang diamati berlangsung sekitar 5-10 menit. Asap yang terlihat dikategorikan rendah hingga sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aliran udara pada unit cukup untuk mempertahankan pembakaran pada kondisi uji. Akan tetapi, tidak tersedia data temperatur, komposisi bahan secara persentase, massa residu, maupun jumlah pengulangan. Karena itu, angka kapasitas dan durasi harus dipandang sebagai observasi awal, bukan sebagai kapasitas nominal alat.

Pengamatan visual terhadap asap berguna sebagai indikator operasional sederhana, tetapi tidak dapat menggantikan pengukuran polutan. Beberapa polutan berbahaya tidak selalu berkorelasi langsung dengan ketebalan asap yang terlihat. Studi pada pembakaran sampah terbuka menunjukkan bahwa campuran plastik dan material rumah tangga dapat menghasilkan partikulat, senyawa organik, dan polutan persisten (Ramadan et al., 2022). Pada insinerator kecil tanpa sistem kendali emisi, Zhang et al. (2019) serta Yang et al. (2019) menunjukkan perlunya perhatian khusus terhadap dioksin/furan. Dengan demikian, observasi "asap rendah-sedang" pada kegiatan ini hanya dilaporkan sebagai karakteristik visual selama uji awal.

Selain itu, uji coba menggunakan sampah campuran, termasuk plastik, sebagaimana tercatat dalam dokumentasi kegiatan. Komposisi ini merupakan keterbatasan metodologis sekaligus isu keselamatan lingkungan. Untuk pemanfaatan berikutnya, unit sebaiknya tidak dioperasikan sebagai sarana pembakaran sampah campuran tanpa pemilahan. Sampah yang dapat didaur ulang, sampah organik yang lebih sesuai untuk pengolahan biologis, dan sampah yang memerlukan penanganan khusus perlu dipisahkan dari residu. Pendekatan ini juga konsisten dengan prinsip pengelolaan sampah terpadu yang menempatkan pembakaran sebagai salah satu opsi untuk residu, bukan pengganti upaya pengurangan dan pemilahan.

3.5. Status Bukti, Risiko Interpretasi, dan Kebutuhan Verifikasi

Agar hasil pengabdian dapat digunakan secara bertanggung jawab, setiap temuan perlu dibedakan berdasarkan kekuatan bukti. Tabel 2 merangkum apa yang dapat disimpulkan, apa yang belum dapat disimpulkan,

dan jenis verifikasi yang diperlukan. Kerangka ini sekaligus mengurangi risiko overclaim pada laporan pengabdian berbasis teknologi, terutama ketika pengujian hanya dilakukan pada tahap awal.

Tabel 2. Interpretasi hasil uji awal dan kebutuhan verifikasi

Temuan lapangan	Kesimpulan yang dapat dibuat	Kesimpulan yang belum dapat dibuat	Verifikasi lanjutan
Unit berhasil dibuat dan dinyalakan Umpan 10-15 kg terbakar sekitar 5-10 menit	Konstruksi dan fungsi dasar tercapai Unit mampu mempertahankan pembakaran pada uji awal	Keandalan jangka panjang Kapasitas nominal atau efisiensi termal	Inspeksi berkala, pencatatan kerusakan, riwayat pemeliharaan Pengulangan terstandar, penimbangan umpan dan abu, pencatatan suhu
Asap visual rendah-sedang	Karakteristik visual saat uji dapat dideskripsikan	Emisi rendah, aman, atau memenuhi baku mutu	Pengukuran PM, CO, NO _x , HCl, SO ₂ dan parameter lain sesuai kebutuhan/regulasi
Unit ditempatkan di kantor kelurahan	Lokasi relatif mudah diawasi	Tidak ada risiko paparan ke masyarakat	Kajian lokasi, arah angin, jarak aman, keluhan dan paparan warga
Program selesai sesuai rencana KKN	Output kegiatan tercapai	Pengurangan sampah ke TPA atau perubahan perilaku	Monitoring volume sampah, frekuensi penggunaan, dan indikator perilaku pasca-KKN

3.6. Implikasi Kesehatan Lingkungan dan Kepatuhan Emisi

Pengolahan sampah termal memiliki dua sisi yang perlu dipertimbangkan. Di satu sisi, pembakaran dapat mengurangi volume residu dan kebutuhan ruang penyimpanan. Di sisi lain, manfaat tersebut sangat bergantung pada komposisi sampah, kondisi pembakaran, suhu, suplai udara, waktu tinggal gas, dan sistem pengendalian emisi. Penelitian pada insinerator terkontrol menunjukkan bahwa pengelolaan kondisi operasi dan pemantauan emisi merupakan bagian sentral dari performa sistem (Tian et al., 2021; Wang et al., 2026). Pada unit kecil tanpa kendali emisi, variasi operasi dapat meningkatkan ketidakpastian risiko.

Dalam konteks Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 menetapkan baku mutu emisi bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan sampah secara termal dan secara eksplisit mengakui potensi dampak lingkungan dari pelepasan emisi (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016). Artikel ini tidak menilai apakah unit KKN termasuk kategori fasilitas yang wajib memenuhi seluruh ketentuan teknis tertentu; penentuan tersebut memerlukan verifikasi oleh otoritas dan tenaga teknis yang berwenang. Namun, keberadaan regulasi tersebut cukup untuk menegaskan bahwa pengamatan visual tidak dapat menjadi dasar untuk menyatakan kepatuhan emisi.

Dari sudut pandang pengabdian masyarakat, implikasinya adalah bahwa edukasi penggunaan alat harus menempatkan keselamatan dan pemilahan sebagai komponen yang sama pentingnya dengan keterampilan mengoperasikan unit. Program lanjutan perlu memasukkan informasi mengenai jenis sampah yang tidak boleh dimasukkan, penggunaan alat pelindung yang sesuai, prosedur penyalaan dan penghentian, penanganan abu, respons ketika terjadi asap berlebih, serta mekanisme penghentian operasi apabila terdapat keluhan atau kondisi tidak aman.

3.7. Rencana Monitoring Pascakegiatan dan Potensi Replikasi

Karena periode KKN terbatas, keberlanjutan tidak dapat dinilai hanya dari keberhasilan konstruksi. Oleh sebab itu, luaran yang lebih berguna bagi mitra adalah kerangka monitoring sederhana yang memungkinkan kelurahan mencatat penggunaan unit dan mengidentifikasi kapan evaluasi teknis lebih mendalam diperlukan. Rencana monitoring yang diusulkan ditampilkan pada Tabel 3.

Kerangka monitoring tersebut mengubah fokus dari sekadar "alat sudah dibuat" menjadi "alat dapat dipertanggungjawabkan penggunaannya". Apabila hasil monitoring menunjukkan operasi tidak stabil, asap berlebih, keluhan masyarakat, atau ketidakmampuan memastikan komposisi sampah, penggunaan unit perlu dievaluasi kembali. Replikasi pada RT lain tidak seharusnya dilakukan hanya berdasarkan keberhasilan satu kali uji, tetapi setelah tersedia bukti tentang kinerja, keselamatan, tata kelola, dan penerimaan masyarakat.

Program KKN dapat berperan sebagai pemicu inovasi dan penguatan literasi lingkungan, tetapi keberlanjutan fasilitas teknis memerlukan kepemilikan institusional setelah mahasiswa selesai bertugas. Penetapan penanggung jawab, SOP tertulis, jadwal pemeriksaan, dan dukungan mitra teknis akan lebih menentukan keberhasilan jangka panjang daripada jumlah unit yang berhasil dibangun selama periode KKN. Dalam kerangka ini, keberhasilan pengabdian bukan hanya dinilai dari produk fisik, melainkan dari kualitas proses serah terima dan mekanisme tindak lanjut.

Tabel 3. Rencana monitoring pascakegiatan sebelum pemanfaatan rutin atau replikasi

Aspek	Indikator sederhana	Frekuensi/Metode	Tujuan keputusan
Penggunaan	Tanggal, operator, jenis sampah, massa umpan	Setiap operasi; logbook	Menilai frekuensi dan kepatuhan pemilahan
Kinerja	Durasi, massa residu/abu, gangguan penyalaan	Setiap operasi; timbang dan catat	Menghitung reduksi massa dan kestabilan operasi
Keselamatan	Kondisi unit, api keluar, permukaan terlalu panas, insiden	Pra dan pasca-operasi; checklist	Menentukan kebutuhan perbaikan/penghentian
Asap dan keluhan	Kondisi visual asap, arah angin, keluhan warga	Setiap operasi; observasi dan kanal pengaduan	Deteksi dini gangguan lingkungan
Emisi	PM, CO, NOx dan parameter lain yang relevan	Pengujian oleh pihak kompeten sebelum penggunaan rutin/replikasi	Menilai kinerja emisi dan aspek kepatuhan
Dampak sistem	Jumlah sampah yang tidak lagi dikirim ke TPA	Rekap bulanan bila sistem penimbangan tersedia	Menilai apakah unit benar-benar mengurangi beban pengangkutan
Keberlanjutan	Penanggung jawab, biaya operasi, pemeliharaan, SOP	Tinjauan bulanan/kuartalan	Menilai kelayakan kelembagaan dan replikasi

3.8. Kesesuaian dengan Pengelolaan Sampah Terpadu

Pilot insinerator sederhana perlu ditempatkan dalam kerangka pengelolaan sampah terpadu, bukan sebagai teknologi tunggal yang menggantikan seluruh tahapan pengurangan dan penanganan. Pada kawasan padat seperti Karang Rejo, keterbatasan lahan memang menciptakan kebutuhan terhadap opsi yang hemat ruang, tetapi kebutuhan tersebut tetap harus disandingkan dengan pemilahan di sumber, pemanfaatan kembali, daur ulang, dan pengolahan organik. Dengan cara ini, volume residu yang benar-benar membutuhkan perlakuan termal dapat ditekan sebelum masuk ke unit. Pendekatan tersebut juga lebih realistis untuk unit berkapasitas kecil karena beban operasional menjadi lebih terkendali dan komposisi bahan lebih konsisten.

Pemisahan fraksi sampah mempunyai implikasi langsung terhadap stabilitas proses pembakaran. Sampah organik dengan kadar air tinggi dapat menurunkan temperatur dan memperpanjang fase penyalaan, sedangkan plastik dan material komposit dapat mengubah karakteristik emisi. Karena kegiatan KKN belum melakukan karakterisasi kadar air dan komposisi, variasi tersebut belum dapat dikendalikan. Program lanjutan sebaiknya memulai dari prosedur pemilahan yang sederhana: memisahkan bahan yang masih bernilai daur ulang, bahan organik basah, material berbahaya atau tidak dikenal, serta residu kering yang secara teknis dinilai sesuai oleh pihak berwenang. Pengelompokan ini lebih penting daripada meningkatkan jumlah pembakaran.

Dari perspektif pemberdayaan, pemilahan juga dapat menjadi titik masuk untuk memperluas dampak program. Kegiatan tidak harus berakhir pada pengoperasian alat, tetapi dapat dikembangkan menjadi edukasi rumah tangga mengenai kategori sampah, penguatan bank sampah untuk fraksi bernilai ekonomis, dan pengolahan organik terpisah. Dengan demikian, unit termal - apabila kemudian dinyatakan layak secara teknis dan regulatif - hanya menangani residu yang tidak memiliki opsi pengelolaan lebih baik. Pola ini lebih sesuai dengan prinsip kehati-hatian dan mengurangi risiko bahwa keberadaan alat justru mendorong kebiasaan membakar semua jenis sampah.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah residu abu. Kegiatan awal hanya mencatat keberadaan abu setelah pembakaran dan belum menimbang jumlah atau menguji karakteristiknya. Pada penggunaan rutin, abu tidak boleh diperlakukan sebagai bahan yang otomatis aman untuk dibuang sembarangan. Pencatatan massa abu dan penentuan cara penanganannya perlu dimasukkan dalam SOP, terutama apabila komposisi umpan tidak sepenuhnya diketahui. Dengan demikian, evaluasi sistem tidak berhenti pada apa yang keluar melalui gas buang, tetapi juga mencakup residu padat yang tersisa.

3.9. Nilai Tambah Artikel terhadap Laporan KKN Konvensional

Literatur pengabdian yang digunakan dalam naskah ini menunjukkan bahwa insinerator sederhana telah menjadi tema yang cukup sering diangkat sebagai teknologi tepat guna, baik melalui rancang bangun unit, aplikasi pada masyarakat, maupun pendekatan pengelolaan sampah berbasis komunitas (Broto et al., 2024; Fadillah et al., 2025; Hidayat et al., 2026; Hijriah et al., 2026; Makalalag et al., 2025). Oleh karena itu, kebaruan artikel ini tidak ditempatkan pada klaim bahwa drum dapat dimodifikasi menjadi alat pembakaran. Nilai tambahnya terletak pada cara hasil KKN diposisikan secara lebih kritis: output konstruksi dipisahkan dari outcome lingkungan, pengamatan asap dibedakan dari pengukuran emisi, dan tindak lanjut diterjemahkan menjadi indikator monitoring yang operasional.

Pemisahan tersebut penting karena artikel pengabdian sering kali menggunakan istilah "berhasil", "efektif", atau "ramah lingkungan" berdasarkan selesainya kegiatan dan respons positif peserta. Pada kegiatan ini, istilah keberhasilan dibatasi pada apa yang benar-benar terdokumentasi, yaitu satu unit selesai dibuat dan dapat

dinyalakan pada uji awal. Efektivitas terhadap sistem persampahan baru dapat dinilai apabila tersedia data berulang mengenai massa umpan, massa residu, jumlah operasi, volume sampah yang tidak lagi diangkut, biaya operasi, dan konsistensi pengelolaan. Sementara itu, aspek ramah lingkungan membutuhkan bukti emisi dan penilaian dampak yang tidak tersedia pada periode KKN.

Pendekatan pelaporan yang lebih ketat juga memperjelas kontribusi mahasiswa. Mahasiswa tidak hanya berperan sebagai pembuat alat, tetapi sebagai fasilitator proses identifikasi masalah, dokumentasi, refleksi risiko, dan penyusunan sistem monitoring. Bagi mitra kelurahan, keluaran berupa kerangka keputusan dapat lebih berguna daripada rekomendasi replikasi yang terlalu dini. Kelurahan memiliki dasar untuk menentukan apakah unit layak diteruskan, perlu dimodifikasi, perlu diuji oleh pihak teknis, atau justru dihentikan jika persyaratan keselamatan tidak dapat dipenuhi.

Kerangka ini dapat diterapkan pada program KKN teknologi lainnya. Setiap inovasi dapat dilaporkan melalui empat lapisan: konteks kebutuhan, output yang dihasilkan, bukti kinerja yang tersedia, dan bukti yang masih hilang sebelum teknologi dapat disebut efektif atau berkelanjutan. Dengan format demikian, prosiding KKN tidak hanya menjadi dokumentasi kegiatan, tetapi juga sumber pembelajaran tentang bagaimana inovasi komunitas diuji, dibatasi, dan ditindaklanjuti secara bertanggung jawab.

Tabel 4. Perbedaan antara capaian program, bukti outcome, dan keputusan tindak lanjut

Lapisan evaluasi	Contoh pada KKN 52	Status bukti saat ini	Keputusan yang sesuai
Konteks kebutuhan	Permukiman padat, akses sempit, ruang terbatas	Didukung observasi dan data wilayah	Menentukan bahwa solusi harus hemat ruang dan mudah diawasi
Output program	Satu unit drum selesai dibuat	Terdokumentasi langsung	Dapat dilaporkan sebagai capaian kegiatan
Kinerja awal	Unit menyala; 10-15 kg; 5-10 menit; asap visual rendah-sedang	Observasi awal, belum terstandar	Digunakan sebagai dasar merancang pengujian lanjutan
Outcome lingkungan	Reduksi sampah ke TPA, emisi, dampak kesehatan	Belum diukur	Tidak boleh diklaim; memerlukan monitoring/pengujian
Keberlanjutan	Operator, SOP, biaya, pemeliharaan, penerimaan warga	Belum tersedia data pasca-KKN	Perlu serah terima dan evaluasi berkala sebelum replikasi

3.10. Strategi Serah Terima dan Tata Kelola Pascakegiatan

Keberlanjutan unit sangat bergantung pada siapa yang bertanggung jawab setelah mahasiswa meninggalkan lokasi. Serah terima sebaiknya tidak hanya berupa penyerahan fisik alat, tetapi juga mencakup dokumen singkat yang menyebutkan status pilot, keterbatasan hasil uji, larangan penggunaan di luar prosedur yang disepakati, dan daftar pemeriksaan sebelum operasi. Dokumen tersebut dapat ditandatangani oleh penanggung jawab kelurahan atau pengelola yang ditunjuk sehingga keputusan operasional tidak bersifat anonim.

Pengelola juga perlu memiliki kriteria penghentian operasi. Contohnya meliputi munculnya asap yang jauh lebih tebal dari kondisi uji, bau menyengat yang menetap, api keluar dari area yang tidak dirancang, deformasi drum, keluhan warga, atau ketidakmampuan memastikan jenis sampah yang dimasukkan. Kriteria penghentian membuat keselamatan menjadi bagian dari sistem, bukan bergantung pada penilaian spontan operator. Setelah penghentian, unit hanya boleh digunakan kembali setelah penyebabnya diidentifikasi dan tindakan koreksi dilakukan.

Dari sisi administrasi, logbook sederhana dapat memuat tanggal, nama operator, jenis dan perkiraan massa sampah, durasi operasi, kondisi cuaca atau arah angin, kondisi asap visual, massa residu jika tersedia, serta catatan keluhan. Data tersebut dapat direkap bulanan oleh kelurahan. Walaupun sederhana, catatan berulang akan memberikan bukti yang jauh lebih kuat dibandingkan satu kali demonstrasi, sekaligus membantu menentukan apakah pola penggunaan sebenarnya sesuai dengan tujuan awal program.

Penerimaan masyarakat juga perlu dipantau. Teknologi yang secara teknis dapat beroperasi belum tentu dapat diterima apabila menimbulkan kekhawatiran mengenai asap, bau, atau keselamatan. Karena itu, jalur pengaduan dan mekanisme konsultasi warga perlu disiapkan. Dalam konteks pengabdian, respons masyarakat bukan sekadar indikator kepuasan, tetapi bagian dari data implementasi yang dapat menentukan apakah unit layak dipertahankan atau perlu diganti dengan pendekatan pengelolaan sampah lain.

3.11. Pengamanan Minimum Sebelum Penggunaan Rutin

Karena unit pada kegiatan ini belum melalui pengukuran emisi dan verifikasi teknis yang memadai, hasil uji awal tidak boleh langsung diterjemahkan menjadi izin penggunaan rutin. Sebelum keputusan penggunaan lanjutan dibuat, mitra perlu memastikan bahwa aspek kelembagaan, pemilahan, lokasi, keselamatan operator, dan mekanisme penghentian operasi telah tersedia. Prinsip pengamanan ini tidak dimaksudkan sebagai pengganti persyaratan teknis atau perizinan yang berlaku, melainkan sebagai lapisan kehati-hatian minimum pada tahap transisi dari pilot KKN menuju pengelolaan oleh mitra.

Aspek yang paling penting adalah kejelasan otoritas. Harus ada satu pihak yang bertanggung jawab menentukan kapan unit boleh digunakan, siapa operatornya, dan kapan penggunaan harus dihentikan. Tanpa penanggung jawab, kemungkinan penggunaan oleh orang yang tidak memahami keterbatasan alat menjadi lebih tinggi. Demikian pula, pemilahan sampah harus menjadi prasyarat administratif, bukan pilihan sukarela pada saat operasi. Jika jenis sampah tidak dapat dipastikan, penggunaan sebaiknya ditunda hingga material dapat dipilah dengan benar.

Pengamanan juga membutuhkan dokumentasi. Setiap operasi perlu meninggalkan jejak data yang dapat ditinjau kembali, termasuk jenis material, kondisi unit, kondisi asap visual, keluhan warga, dan insiden. Apabila terjadi pola masalah berulang, logbook dapat menjadi dasar penghentian sementara dan evaluasi teknis. Tabel 5 merangkum pengamanan minimum yang disarankan sebagai bahan serah terima kepada mitra.

Tabel 5. Pengamanan minimum sebelum keputusan penggunaan rutin

Aspek	Pengamanan minimum	Bukti yang perlu tersedia	Tindakan bila tidak terpenuhi
Penanggung jawab	Satu pengelola/otoritas lokal ditetapkan secara tertulis	Nama, kontak, dan mandat pengelola	Tunda penggunaan sampai tanggung jawab jelas
Pemilahan	Material yang dapat didaur ulang, organik basah, dan material berisiko dipisahkan	Checklist jenis material sebelum operasi	Jangan lanjutkan jika komposisi tidak diketahui
Kondisi unit	Tidak ada kerusakan fisik, deformasi, atau komponen longgar	Checklist pra-operasi dan foto kondisi	Hentikan dan lakukan pemeriksaan/perbaikan
Lokasi dan paparan	Area dapat diawasi dan tidak menimbulkan paparan langsung ke aktivitas warga	Catatan lokasi, kondisi angin, dan pengamanan area	Tunda bila kondisi lokasi tidak aman
Operator	Operator memahami keterbatasan pilot, kriteria penghentian, dan pencatatan	Daftar operator dan briefing keselamatan	Batasi penggunaan hanya oleh operator yang ditunjuk
Keluhan/insiden	Tersedia saluran pelaporan dan kriteria stop	Logbook keluhan, asap berlebih, atau insiden	Hentikan sementara dan lakukan evaluasi
Verifikasi emisi	Rencana pengujian oleh pihak kompeten sebelum penggunaan rutin/replikasi	Jadwal dan hasil pengujian bila tersedia	Jangan menyatakan aman atau patuh tanpa data

Pengamanan minimum tersebut menegaskan bahwa serah terima alat harus disertai serah terima informasi tentang ketidakpastian. Mitra perlu mengetahui bukan hanya cara kerja umum unit, tetapi juga hal-hal yang belum diketahui dari hasil KKN. Transparansi mengenai keterbatasan akan membantu mencegah penggunaan yang melampaui bukti dan memberi ruang bagi keputusan alternatif apabila evaluasi teknis menunjukkan bahwa pendekatan lain lebih sesuai untuk Karang Rejo.

3.12. Agenda Evaluasi Lanjutan

Tahap evaluasi berikutnya idealnya menggunakan desain pengujian yang lebih terstruktur. Setiap uji dapat menggunakan kategori umpan yang telah dipilah dengan massa awal yang ditimbang, kemudian mencatat temperatur pada beberapa titik, durasi pembakaran, massa abu, dan kebutuhan bahan pemicu. Pengujian dilakukan beberapa kali pada kondisi yang sebanding sehingga variasi antaroperasi dapat dihitung. Dengan data tersebut, indikator seperti persentase reduksi massa, waktu pembakaran per kilogram, dan konsistensi proses dapat dilaporkan secara lebih dapat dipertanggungjawabkan.

Pengujian emisi merupakan komponen yang tidak dapat digantikan oleh observasi visual. Parameter yang relevan perlu ditentukan bersama tenaga teknis atau laboratorium kompeten dengan mengacu pada ketentuan yang berlaku. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan persyaratan yang relevan untuk memutuskan apakah penggunaan dapat dilanjutkan, perlu modifikasi desain, atau tidak layak diterapkan. Jika pengukuran emisi tidak dapat dilakukan, klaim penggunaan sebagai fasilitas rutin sebaiknya tetap ditunda.

Pada tingkat sistem, evaluasi sebaiknya membandingkan jumlah sampah yang dikirim ke layanan pengangkutan sebelum dan setelah intervensi, tetapi hanya setelah unit memiliki prosedur operasi yang stabil. Analisis biaya juga penting karena teknologi yang murah dibuat belum tentu murah dioperasikan ketika mempertimbangkan tenaga kerja, pemeliharaan, alat pelindung, pengukuran emisi, dan penanganan residu. Evaluasi yang lengkap akan membantu kelurahan memilih kombinasi pengelolaan sampah yang paling realistis, bukan sekadar mempertahankan teknologi karena telah tersedia secara fisik.

3.13. Keterbatasan Kegiatan

Terdapat beberapa keterbatasan utama. Pertama, uji operasional bersifat awal dan tidak dirancang sebagai eksperimen terkontrol dengan pengulangan. Kedua, massa umpan dan durasi berasal dari catatan lapangan, sedangkan massa residu tidak diukur sehingga persentase reduksi massa tidak dapat dihitung. Ketiga, tidak ada instrumen untuk mengukur temperatur maupun parameter emisi. Keempat, komposisi sampah uji bersifat campuran dan belum didahului karakterisasi komposisi. Kelima, tidak tersedia data penggunaan setelah KKN, sehingga keberlanjutan, penerimaan masyarakat, pengurangan sampah yang dikirim ke TPA, dan dampak terhadap perilaku belum dapat dinilai.

Keterbatasan tersebut tidak menghilangkan nilai kegiatan sebagai pengalaman penerapan teknologi dan kolaborasi mahasiswa-masyarakat, tetapi membatasi jenis kesimpulan yang dapat dibuat. Karena itu, artikel ini secara sengaja menggunakan istilah "pilot" dan "evaluasi operasional awal" serta menghindari klaim bahwa unit telah terbukti ramah lingkungan, aman, efektif mengurangi sampah secara berkelanjutan, atau siap direplikasi tanpa verifikasi tambahan.

4. KESIMPULAN

KKN 52 Karang Rejo berhasil melaksanakan proses partisipatif yang mencakup identifikasi lokasi, koordinasi dengan mitra, pembuatan satu unit insinerator sederhana berbasis drum, dan uji operasional awal. Unit yang dibuat memiliki tinggi 45 cm, diameter 58 cm, serta masing-masing 11 lubang ventilasi pada bagian bawah dan atas. Catatan lapangan menunjukkan bahwa umpan sampah campuran sekitar 10-15 kg terbakar dalam sekitar 5-10 menit, dengan kondisi asap visual rendah hingga sedang pada saat pengamatan.

Capaian tersebut membuktikan keterlaksanaan konstruksi dan fungsi operasional awal, tetapi belum membuktikan keamanan emisi, kepatuhan terhadap baku mutu, efisiensi termal, pengurangan massa sampah secara terukur, penurunan sampah yang dikirim ke TPA Manggar, atau keberlanjutan penggunaan. Oleh karena itu, pemanfaatan rutin maupun replikasi perlu didahului pemilahan sumber, SOP keselamatan, pencatatan massa dan residu, pemantauan penggunaan, evaluasi lokasi, serta pengukuran emisi oleh pihak yang kompeten sesuai kebutuhan. Nilai utama kegiatan terletak pada penyediaan pilot dan kerangka evaluasi yang dapat digunakan mitra sebagai dasar pengambilan keputusan pasca-KKN.

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Mulawarman, Lurah Karang Rejo, pendamping lapangan, Puskesmas Karang Rejo, pengurus RT, lembaga masyarakat, dan warga yang mendukung pelaksanaan KKN 52 di Kelurahan Karang Rejo..

Kontribusi Penulis: Kontribusi spesifik setiap penulis perlu dikonfirmasi oleh seluruh penulis sebelum submission.

Sumber Pendanaan: Tidak ada pendanaan eksternal khusus yang dilaporkan dalam naskah sumber

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan. (2025). Kecamatan Balikpapan Tengah dalam angka 2025. <https://balikpapankota.bps.go.id/>
- Broto, P. E., Fitriyanti, Kusmiran, A., & Ihsan, K. (2024). Rancang bangun insinerator pengolahan sampah dengan penerapan teknologi termal yang ramah lingkungan. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 11(1), 19-30. <https://doi.org/10.24252/jft.v11i1.45734>
- Fadillah, N. A., Muslim, M. I., Rosadi, A. H., & Ramadhani, Y. K. I. (2025). Pengelolaan sampah berbasis teknologi tepat guna: Inovasi insinerator di Desa Tajau Landung, Kalimantan Selatan. *Jurnal Inovasi Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 5(1), 91-100. <https://doi.org/10.54082/jipppm.783>
- Hayati, R. N., Basransyah, Rahendaputri, C. S., Banaget, C. K., Ariani, I. K., Putri, N. M., & Ayu, I. W. (2026). Optimalisasi unit pengolahan sampah organik menggunakan maggot di TPA Manggar Kota Balikpapan. *SPECTA Journal of Technology*, 10(1), 104-115. <https://doi.org/10.35718/specta.v10i1.8481642>
- Hidayat, E., Dewi, D. F., Maharani, S., Anjani, N. K. S. S., Pabe, R., Kue, A., Reza, F., Paba, A. A., Natalia, D., & Nabila, D. (2026). Pengelolaan sampah berbasis komunitas menggunakan insinerator drum: Pendekatan preventif kesehatan lingkungan. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 6(2), 1513-1522. <https://doi.org/10.54082/jamsi.2594>
- Hijriah, H., Azizah, N., Wicaksono, S. A., Oktavia, N. P. A., Shintya, R. R., Bhagaskara, M. F., Gwijangge, P., Abdullah, A. N., Himawan, D., & Setiawan, M. A. E. (2026). Penerapan insinerator ramah lingkungan berbasis sistem minim asap guna mengoptimalkan pengelolaan sampah di Balikpapan Utara. *Aksi Nyata: Jurnal Pengabdian Sosial dan Kemanusiaan*, 3(3), 1-9. <https://doi.org/10.62383/aksinyata.v3i3.3320>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secara Termal.
- Makalalag, H., Panai, F., Mangopa, J., Raden, M., Simbala, R., Damopolii, A. F. A., Lestari, M. I., Bandu, J., Makupiola, C. A., Azis, R. A., & Talamati, B. H. (2025). Perancangan dan pembuatan insinerator skala kecil untuk mendukung pengelolaan sampah terpadu di Kecamatan Lolayan. *Multidisiplin Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(3), 226-235.
- Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur. (2023). Profil Kelurahan Karang Rejo. Desa Cantik Kalimantan Timur. <https://desacantik.kaltimprov.go.id/>

- Purnawan, C., Widodo, C. E., Handayani, D., & Zulfi, M. (2026). Analisis kebutuhan luas lahan untuk pengembangan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sanitary landfill di Kabupaten Madiun. *Region: Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*, 21(2), 568-581. <https://doi.org/10.20961/region.v21i2.108141>
- Ramadan, B. S., Rachman, I., Ikhlas, N., Kurniawan, S. B., Miftahadi, M. F., & Matsumoto, T. (2022). A comprehensive review of domestic-open waste burning: Recent trends, methodology comparison, and factors assessment. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(5), 1633-1647. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01430-9>
- Tian, S., Nakatsuka, N., Hori, T., Hayashi, J., & Akamatsu, F. (2021). The research on NO_x formation in MILD combustion of primary combustion gas in waste incinerator. *Transactions of the JSME*, 87(900), 21-00130. <https://doi.org/10.1299/transjsme.21-00130>
- Wang, S., Zhang, J., Fu, J., Zhang, J., Ma, Y., Wang, L., Hou, X., & Yan, Z. (2026). NO_x concentration prediction at secondary combustion chamber outlet in small-scale domestic waste incineration system. *ACS Omega*, 11(21), 30697-30730. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c12777>
- Yang, L., Liu, G., Zhu, Q., & Zheng, M. (2019). Small-scale waste incinerators in rural China: Potential risks of dioxin and polychlorinated naphthalene emissions. *Emerging Contaminants*, 5, 31-34. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2019.01.001>
- Zhang, G., Huang, X., Liao, W., Kang, S., Ren, M., & Hai, J. (2019). Measurement of dioxin emissions from a small-scale waste incinerator in the absence of air pollution controls. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1267. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071267>

This is an open access article which is publicly available on our journal's website under Institutional Repository at <https://e-journals2.unmul.ac.id/index.php/pdkum/index>