

INOVASI INCINERATOR SKALA KOMUNITAS DENGAN SISTEM FILTRASI ASAP BERLAPIS UNTUK PENGELOLAAN SAMPAH DI DESA JARIT KABUPATEN LUMAJANG

Sabrina Annisabella Wulanyanuar¹, Dhani Herlambang², Bunga Fadilah Valentin³, Christopher Louis⁴, Armitta Clarita Saputri⁵, Fenuri Hidayati Putri Raharyani⁶,

Indriana Noor Istiqomah^{7*}

^{1,2,3,4,5,6,7} Universitas Jember

*Correspondence author's email: indrinoor@unej.ac.id

ABSTRACT

The waste problem remains a major issue faced by communities, including in Jarit Village, Lumajang Regency. Waste is often managed through open burning, which causes air pollution and threatens health. Through the Collaborative Community Service Program of the University of Jember in Jarit Village, this study aims to design a community-scale incinerator equipped with a multi-layer smoke filtration system to reduce pollution impacts. The methods used include literature review, incinerator component design, and the preparation of operational and maintenance procedures. The design results show that the incinerator can reach optimal combustion temperatures with a gas burner and integrates four filtration stages: quencher, activated carbon filter, lime filter, and bag filter. This system is expected to reduce harmful exhaust emissions such as CO, NOx, and SO₂ while maintaining air quality in the surrounding environment. The design can serve as an alternative solution for safer and more sustainable community-based waste management.

Keywords: incinerator; waste management; smoke filter; environmentally friendly

ABSTRAK

Permasalahan sampah masih menjadi isu utama yang dihadapi masyarakat, salah satunya di Desa Jarit, Kabupaten Lumajang. Sampah sering kali ditangani dengan pembakaran terbuka yang menimbulkan polusi udara dan menganggu kesehatan. Kegiatan pengabdian masyarakat melalui program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Kolaboratif Universitas Jember Desa Jarit Kabupaten Lumajang ini bertujuan merancang *incinerator* skala komunitas yang dilengkapi sistem filter asap berlapis sebagai solusi alternatif ramah lingkungan. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan komponen *incinerator*, dan penyusunan prosedur operasional serta perawatan. Hasil rancangan menunjukkan bahwa *incinerator* mampu mencapai suhu pembakaran optimal dengan gas burner dan mengintegrasikan empat tahap filtrasi, yaitu quencher, filter karbon aktif, filter kapur tohor, dan bag filter. Sistem ini diharapkan dapat menurunkan emisi gas buang berbahaya seperti CO, NOx, dan SO₂, sekaligus menjaga kualitas udara lingkungan. Rancangan ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi pengelolaan sampah berbasis masyarakat yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: incinerator; pengelolaan sampah; filter asap; ramah lingkungan

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah rumah tangga masih menjadi isu utama yang dihadapi banyak daerah di Indonesia, termasuk Desa Jarit, Kabupaten Lumajang. Menurut Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Lumajang (2024), data pengelolaan sampah pada 2019 sampai 2024, jumlah timbunan sampah terus meningkat hingga 500 ton per hari. Kecamatan Candipuro turut menyumbang hingga 30 ton/hari. Kondisi ini sangat memprihatinkan karena pengelolaan sampah yang belum optimal menyebabkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat setempat (Khalid M., Lusia V. M., Erin T. I., & Mohammad P. B., 2025). Salah satu praktik pengelolaan sampah yang masih umum dilakukan di desa ini adalah pembakaran terbuka. Meskipun cara ini terkesan mudah dan murah, pembakaran terbuka menghasilkan asap pekat yang mengandung berbagai zat berbahaya, seperti partikel debu halus, karbon monoksida, dan senyawa toksik lainnya, yang secara langsung mencemari udara dan berpotensi menimbulkan gangguan pernapasan hingga berbagai penyakit kronis bagi penduduk sekitar.

Sebagai alternatif yang lebih baik dan lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan, penggunaan *incinerator* atau alat pembakar sampah dengan pembakaran yang terkendali menjadi solusi yang layak untuk dikembangkan. *Incinerator* mampu mereduksi volume sampah hingga sekitar 90% sehingga dapat secara signifikan mengurangi tumpukan sampah yang sulit terkelola. Selain itu, proses pembakaran pada suhu tinggi di dalam *incinerator* juga efektif dalam memusnahkan mikroorganisme berbahaya seperti bakteri dan virus yang terkandung dalam limbah. Dengan demikian, *incinerator* tidak hanya berfungsi sebagai alat pengurangan sampah, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi risiko penularan penyakit yang berasal dari sampah.

Meski demikian, teknologi *incinerator* tidak tanpa tantangan. Salah satu isu utama yang sering menjadi perhatian adalah emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran. Gas buang ini berpotensi mengandung polutan berbahaya seperti karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen oksida, serta partikulat halus yang dapat menimbulkan pencemaran udara dan menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan, terutama jika tidak ditangani dengan baik (Muhammad I. O., 2024). Oleh karena itu, pengembangan *incinerator* yang efektif harus disertai dengan inovasi sistem filtrasi gas buang yang dapat menekan atau menghilangkan polutan tersebut secara signifikan. Pengendalian emisi ini harus dirancang agar sistem tetap efisien dalam proses pembakaran dan ekonomis, terutama untuk diterapkan di skala komunitas atau desa dengan sumber daya terbatas.

Berdasarkan pemikiran tersebut, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang sebuah *incinerator* sederhana yang dilengkapi dengan filter asap berlapis sebagai solusi alternatif bagi pengelolaan

sampah di tingkat desa. Melalui program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Kolaboratif Universitas Jember, rancangan ini diharapkan dapat menjawab kebutuhan Desa Jarit akan teknologi pengolahan sampah yang tidak hanya mampu mengurangi limbah secara efektif, tetapi juga memastikan bahwa limbah gas buang yang dihasilkan aman bagi lingkungan sekitar. Dengan pendekatan teknologi yang sederhana dan dapat dioperasikan dengan sumber daya lokal, diharapkan solusi ini dapat memberikan manfaat jangka panjang dalam meningkatkan kebersihan dan kesehatan masyarakat desa secara berkelanjutan.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2024 di Desa Jarit, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. Program difokuskan pada perancangan *incinerator* skala komunitas dengan sistem filtrasi asap berlapis untuk pengelolaan sampah rumah tangga.

Tahapan Kegiatan

Tahap pertama adalah studi literatur, di mana dilakukan kajian mendalam mengenai prinsip kerja insinerasi, faktor-faktor yang mempengaruhi perancangan insinerator, serta perkembangan teknologi filtrasi asap yang telah dikembangkan dan diuji dalam penelitian-penelitian terdahulu (Khalid M., Lusia V. M., Erin T. I., & Mohammad P. B., 2025). Kajian ini menjadi landasan teori penting yang digunakan untuk memahami bagaimana proses pembakaran sampah berjalan secara efektif, bagaimana rancangan insinerator dapat disesuaikan agar efisien dan aman, serta bagaimana sistem filtrasi dapat mengatasi emisi gas berbahaya yang dihasilkan.

Tahap kedua adalah perancangan sistem, di mana desain *incinerator* dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor. Pada tahap ini, berbagai aspek teknis diperhatikan secara detail, mulai dari pilihan material yang tahan terhadap suhu tinggi dan korosi, kapasitas ruang bakar yang sesuai dengan kebutuhan pengolahan sampah di desa, hingga alur aliran gas buang yang harus dirancang sedemikian rupa agar aliran tersebut optimal dan mampu mendukung proses filtrasi secara menyeluruh. Perancangan ini juga mengintegrasikan berbagai komponen sistem filtrasi asap dengan tahapannya yang berlapis, seperti quencher, filter karbon aktif, filter kapur tohor, dan bag filter. Seluruh desain dirancang dengan tujuan agar komponen-komponen tersebut dapat bekerja secara sinergis dan efisien dalam pengendalian polutan gas buang.

Tahap ketiga adalah penyusunan standar operasional prosedur (SOP) yang komprehensif. Dalam tahap ini, dirumuskan prosedur-prosedur pengoperasian *incinerator*, mulai dari persiapan bahan bakar (sampah), tata cara pengisian ruang bakar, pengaturan suhu dan aliran gas, hingga prosedur keselamatan kerja bagi operator yang meliputi

penggunaan alat pelindung diri (APD). Selain itu, SOP juga mencakup evaluasi berkala dan monitoring emisi gas buang untuk memastikan bahwa operasional *incinerator* memenuhi standar lingkungan yang berlaku dan sistem filtrasi berfungsi secara optimal. Penyusunan SOP ini sangat penting agar *incinerator* dapat dioperasikan dengan aman, efektif, dan berkelanjutan oleh masyarakat desa dengan minimal risiko bagi kesehatan dan lingkungan sekitar. Dengan metode penelitian yang sistematis ini, hasil pengembangan *incinerator* diharapkan tidak hanya aman dan ramah lingkungan, tetapi juga mudah diimplementasikan dan dapat memberikan manfaat nyata bagi pengelolaan sampah di tingkat komunitas.

Metode Evaluasi

Evaluasi terhadap *incinerator* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan rancangan, menghasilkan pembakaran yang optimal, serta menjaga kualitas udara tetap berada dalam ambang batas aman. Evaluasi ini dibagi ke dalam empat aspek utama:

a. Evaluasi kinerja operasional

Evaluasi kinerja operasional dilakukan dengan memantau suhu ruang bakar yang harus dijaga dalam kisaran 800–1000°C agar proses insinerasi berlangsung sempurna. Efisiensi pembakaran dinilai dari jumlah residu abu yang dihasilkan dan kestabilan nyala api selama proses berlangsung. Selain itu, kondisi sistem filtrasi seperti quencher, karbon aktif, kapur tohor, dan bag filter juga diperiksa secara berkala untuk memastikan fungsinya tetap optimal.

b. Evaluasi kualitas emisi

Evaluasi kualitas emisi berfokus pada pengukuran kandungan gas buang. Parameter yang diukur meliputi kadar karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NOx), serta partikulat debu halus. Pengukuran dilakukan secara berkala untuk memastikan emisi berada di bawah ambang batas yang ditentukan. Selain itu, dilakukan monitoring kualitas udara di sekitar lokasi *incinerator* untuk memastikan tidak terjadi pencemaran lingkungan.

c. Evaluasi sosial dan lingkungan

Evaluasi sosial dan lingkungan bertujuan untuk melihat dampak *incinerator* terhadap masyarakat sekitar. Evaluasi ini mencakup survei kepuasan masyarakat mengenai keberadaan *incinerator*, termasuk tanggapan terhadap berkurangnya volume sampah, kualitas udara, serta kenyamanan lingkungan. Dampak lingkungan juga diperhatikan, terutama terkait kemungkinan munculnya keluhan mengenai asap, bau, atau kebisingan dari sistem.

d. Evaluasi perbaikan dan pengembangan

Evaluasi perbaikan dan pengembangan dilakukan dengan menjadikan hasil evaluasi sebelumnya sebagai dasar penyempurnaan desain maupun operasional *incinerator*. Langkah ini dapat berupa peningkatan kapasitas

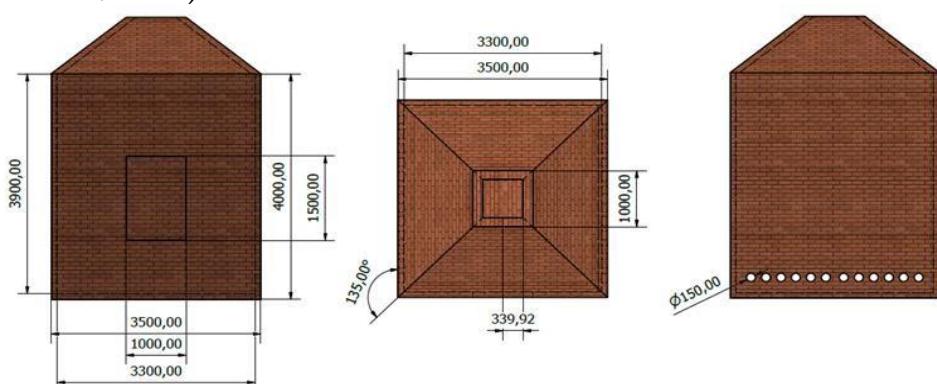
ruang bakar, perbaikan material filter yang digunakan, penyesuaian sistem aliran gas, maupun penambahan teknologi kontrol emisi. Dengan demikian, *incinerator* dapat terus dikembangkan agar lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dalam mendukung pengelolaan sampah masyarakat.

PEMBAHASAN

Desain Rancangan *Incinerator*

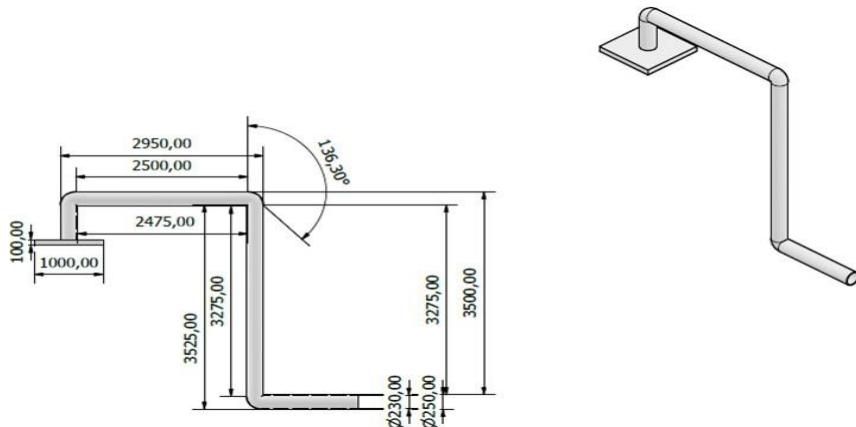
Rancangan *incinerator* yang diusulkan untuk Desa Jarit merupakan sebuah inovasi pengelolaan sampah yang dirancang tidak hanya untuk mengatasi masalah limbah padat rumah tangga secara efektif, tetapi juga untuk menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitar lokasi. Rancangan *incinerator* ini didesain sederhana dengan sistem filter asap berlapis untuk mengurangi dampak negatif pembakaran sampah. Tanpa filter, proses insinerasi dapat menghasilkan polutan berbahaya seperti karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen oksida, serta partikel debu halus. Dengan tambahan filtrasi, *incinerator* menjadi lebih ramah lingkungan dan aman digunakan di kawasan permukiman.

Konsep rancangan ini terdiri dari dua unit utama yang saling terintegrasi, yaitu ruang bakar (unit insinerasi) dan unit filtrasi gas buang. Unit insinerasi dirancang menggunakan bahan bata tahan api yang mampu menahan suhu tinggi sehingga proses pembakaran dapat berlangsung secara maksimal seperti pada Gambar 1. Sumber panas pada ruang bakar berasal dari gas burner yang digunakan untuk memastikan suhu ruang bakar mencapai tingkat optimal yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna. Proses pembakaran dilakukan secara bertahap, di mana sampah dimasukkan secara teratur agar suhu tetap stabil dan pembakaran berjalan efisien. Prinsip 3T yakni *time* (waktu), *temperature* (suhu), dan *turbulence* (perputaran udara), menjadi dasar penting dalam memastikan sampah terbakar secara sempurna sehingga residu sisa pembakaran menjadi minimal dan tidak berbahaya (Ratu F. M., Yanti S., Tina M. G., Nita H. K., & Defrianto P., 2024).

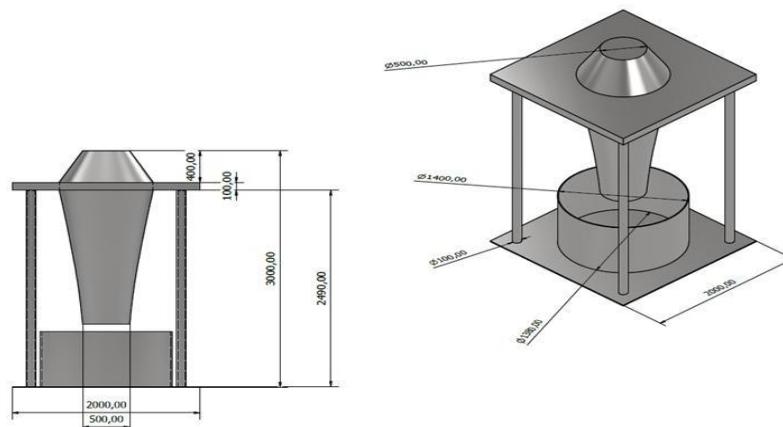


Gambar 1
Unit Insinerasi

Selanjutnya, emisi gas akan disalurkan melalui pipa seperti pada Gambar 2 yang terbuat dari material *stainless steel grade 304* sebelum melalui proses pendinginan dan penyaringan. Pipa ini menahan suhu hingga $\pm 870^{\circ}\text{C}$ (Atlas Steels Pty. Ltd., 2021). Dilengkapi dengan *blower* pertama di salah satu sudut pipa guna menghisap dan mengalirkan gas buangan yang tertahan atau mengendap. Selanjutnya, gas akan masuk ke unit filtrasi. Tahap pertama adalah ruang pendingin (*quencher*) dengan sistem *water jet* untuk menurunkan temperatur gas secara cepat sekaligus menangkap partikulat debu dan senyawa berbahaya ditunjukkan pada Gambar 3. Dilengkapi dengan *demister/mist eliminator* di sisi keluaran untuk mencegah *carry-over* tetesan air, bak penampung (*sump*), dan jalur *blowdown* untuk pembuangan lumpur.



Gambar 2
Pipa Incinerator ke Quencher

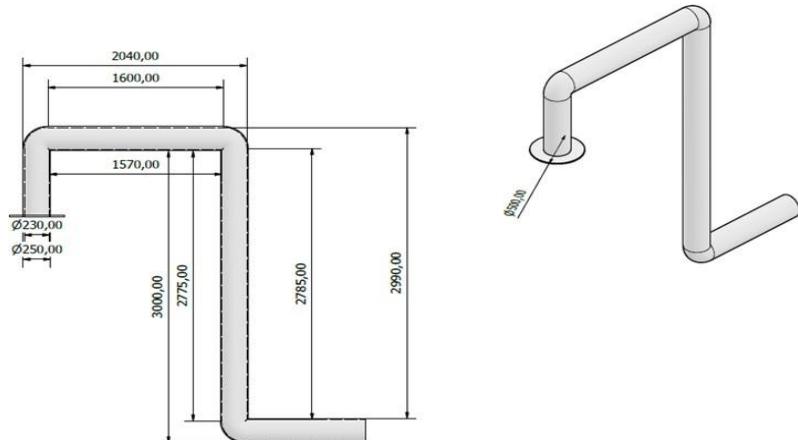


Gambar 3
Quencher

Setelah melalui *quencher*, gas akan masuk pipa seperti pada Gambar 4, dilengkapi unit filtrasi karbon aktif yang sangat efektif dalam menyerap berbagai zat beracun seperti sulfur dioksida (SO_2), amonia, dan senyawa organik mudah menguap (VOC), serta mampu mengurangi bau tidak sedap yang biasanya muncul dari pembakaran sampah. Selanjutnya, gas yang

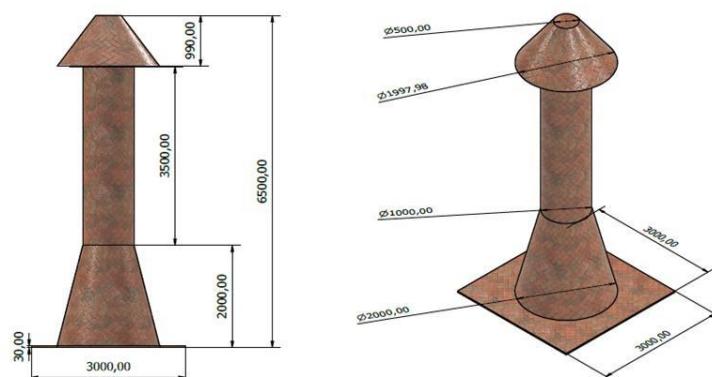
telah disaring oleh karbon aktif masuk ke filter kapur tohor (Ca(OH)_2) yang berperan menetralkan gas-gas asam berbahaya seperti asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H_2SO_4). Filter kapur tohor ini bekerja secara kimiawi untuk mengikat gas asam dan mengubahnya menjadi senyawa yang tidak berbahaya bagi lingkungan dan manusia. Untuk memastikan perpindahan fluida stabil dan tidak terjadi penumpukan, dipasang *blower* kedua di titik sudut jalur guna mempertahankan laju alir dan tekanan parsial gas.

Gambar 4



Pipa Quencher ke Chimney

Selanjutnya perjalanan aliran fluida akan melewati *bag filter*, yang didesain untuk menyaring partikel mikro yang sangat kecil dan abu yang tidak berhasil ditangkap oleh tahap sebelumnya. Dengan penggunaan *bag filter* secara efektif, gas buang yang dilepaskan ke udara bebas dari debu halus serta partikel berbahaya, sehingga memenuhi standar lingkungan dan kesehatan. Terakhir, gas akan keluar melalui cerobong (*chimney*) seperti pada Gambar 5, setelah melalui pendinginan dan filtrasi sehingga lebih aman dilepas ke atmosfer. Cerobong dibuat dengan tinggi optimal sekitar 6500 mm untuk menciptakan *stack effect* sehingga emisi terdilusi di udara dan tidak mencemari lingkungan (Zai & Gunawan, 2023).



Gambar 5
Chimney

Pengoperasian, Standar Operasional Prosedur, dan Perawatan

Proses operasi *incinerator* ini mengikuti aliran sistematis yang dimulai dari pemilahan sampah yang sangat penting. Sampah yang masuk ke ruang bakar harus dalam kondisi kering dan tidak mudah terbakar yang telah dipisahkan dari sampah yang masih dapat didaur ulang. Setelah sampah dibakar menjadi gas dan abu, gas hasil pembakaran dialirkan ke unit filtrasi berlapis secara berurutan mulai dari *quencher*, filter karbon aktif, filter kapur tohor, dan diakhiri dengan *bag filter* sebelum akhirnya dilepaskan ke lingkungan. Keterpaduan ini menjamin pengurangan secara maksimal kontaminan gas buang dan melejitkan efektivitas pengelolaan limbah. Selain aspek teknis, pengoperasian *incinerator* ini juga mengutamakan aspek keselamatan dan standar prosedur operasional yang ketat. Operator harus menggunakan alat pelindung diri (APD) untuk menghindari risiko paparan suhu tinggi dan gas beracun. Pengendalian suhu ruang bakar serta aliran gas harus dilakukan secara konstan agar sistem kerja tetap dalam kondisi optimal dan aman.

Perawatan sistem *incinerator* penting dilakukan untuk menjaga kinerja dan memperpanjang usia pakai, mencakup pembersihan ruang bakar, pengecekan kondisi *quencher*, pergantian media karbon aktif dan kapur tohor, serta pembersihan dan penggantian *bag filter* bila tidak efektif. Selain itu, evaluasi dan monitoring dilakukan secara berkala melalui pengukuran emisi gas buang seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx), sulfur dioksida (SO₂), dan partikulat debu untuk memastikan hasil pembakaran dan filtrasi memenuhi standar lingkungan yang berlaku, penilaian efektivitas filtrasi, survei kepuasan masyarakat, serta perbaikan desain jika diperlukan, sehingga *incinerator* tetap berfungsi optimal dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Rancangan *incinerator* untuk Desa Jarit merupakan inovasi pengelolaan sampah yang efektif dan ramah lingkungan dengan memadukan ruang bakar berbahan bata tahan api, gas burner bersuhu optimal, serta sistem filtrasi berlapis sehingga emisi memenuhi standar kesehatan. Berbasis prinsip 3T (*time, temperature, turbulence*), dengan proses operasional dimulai dari pemilahan sampah, pembakaran, hingga filtrasi berurutan, disertai penerapan keselamatan kerja dan evaluasi emisi berkala. Dengan pendekatan ini, *incinerator* dirancang berkelanjutan, aman, dan menjadi solusi praktis pengelolaan sampah di tingkat desa. Pada tahap berikutnya, rancangan ini dapat diuji coba dan dikembangkan lebih lanjut bersama pemerintah desa dan mitra terkait.

Penggunaan sistem filter berlapis sangat efektif dalam menekan emisi partikel lebih kecil maupun meningkatkan pengendalian pencemaran udara dibandingkan dengan *incinerator* tanpa filter. Secara konsep kerja, dengan adanya filter, sebagian besar partikel dan gas dapat disaring

terlebih dahulu sehingga emisi yang dikeluarkan lebih terkendali. Namun, presentase penurunan emisi pada penggunaan filter pada *incinerator* ini secara pasti belum dapat disajikan, karena hingga saat ini belum ada penelitian lebih lanjut maupun realisasi pembangunan *incinerator* dengan filter di Desa Jarit.

DAFTAR PUSTAKA

- Arena, U. (2012). 'Process and technological aspects of municipal solid waste gasification. A review'. *Waste Management*, 32(4), pp. 625–639.
- Atlas Steels Pty. Ltd. (2021). *Stainless Steel 304, 304L, 304H Grade Data Sheet*. Available at: <https://atlassteels.com.au/wp-content/uploads/2021/06/Stainless-Steel-304-304L-304H-Grade-Data-Sheet-23-04-21.pdf> (Diakses: 20 Agustus 2025).
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Lumajang. (2024). *Data Pengelolaan Sampah Tahun 2019-2024*. Available at: <https://dlh.lumajangkab.go.id/data> (Diakses: 20 Agustus 2025).
- Ferronato, N. & Torretta, V. (2019). 'Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues'. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6).
- Khalid, M., Lusia, V. M., Erin, T. I. & Mohammad, P. B. (2025). 'Efektivitas Incinerator Rendah Emisi untuk Pengelolaan Sampah di Perumahan PT Ciliandra Perkasa, Dumai, Riau'. *Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta*, 8(2), pp. 601–613.
- Muhammad, I. O. (2024). *Rancang Bangun Incinerator Pengolah Sampah An-Organik dan Simulasi Awal dengan CFD*. Tesis. UMS.
- Ratu, F. M., Yanti, S., Tina, M. G., Nita, H. K. & Defrianto, P. (2024). 'Penerapan Teknologi Filter Asap untuk Penanganan Gas Buang Insinerator pada Pengelolaan Sampah'. *Media Pengabdian kepada Masyarakat*, 10(2), pp. 117–124.
- Zai, F. N. & Gunawan, A. Y. (2023). 'Effects of Inversion Layer on the Atmospheric Pollutant Dispersion From a High Chimney'. *Journal of the Indonesian Mathematical Society*, 29(3), pp. 299–310.