

No: 049 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025
050 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

**REDESAIN INSINERATOR DAN PERANCANGAN ALAT
PENGENDALI PENCEMARAN UDARA
DI TEMPAT PENGELOLAAN SAMPAH TERPADU (TPST)
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG**



Disusun Oleh :

Fadilla Istiazah 21080122120018

Zahara Harnum Widyapratika 21080122120030

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Fadilla Istiazah
NIM : 21080122120018
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Redesain Insinerator dan Perancangan Alat Pengendali Pencemaran Udara di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Diponegoro Semarang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:

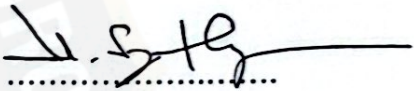
Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197208302000031001



.....

Pembimbing II:

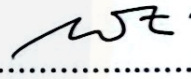
Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197402141999031002



.....

Ketua Penguji:


Dr. Ir. Nurandani Hardyanti, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197301302000032001



.....

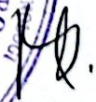
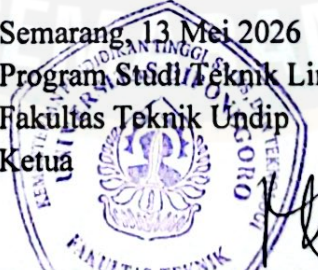
Anggota Penguji:

Ir. Titik Istirokhatun, S.T., M.Sc., Ph.D. IPU
197803032010122001



.....

Semarang, 13 Mei 2026
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

HALAMAN PENGESAHAN

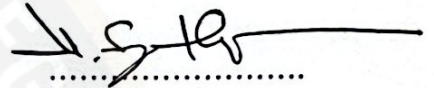
Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Zahara Harnum Widyapratika
NIM : 21080122120030
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Redesain Insinerator dan Perancangan Alat Pengendali
Pencemaran Udara di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu
(TPST) Universitas Diponegoro Semarang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:

Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197402141999031002


.....

Pembimbing II:

Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197208302000031001


.....

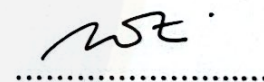
Ketua Penguji:

Ir. Titik Istirokhatun, S.T., M.Sc., Ph.D. IPU
197803032010122001


.....

Anggota Penguji:

Dr. Ir. Nurandani Hardyanti, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
197301302000032001


.....

Semarang, 13 Mei 2026
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

ABSTRAK

Peningkatan timbulan sampah di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Universitas Diponegoro memerlukan teknologi pengolahan yang mampu mereduksi volume sampah sekaligus menekan potensi pencemaran udara. Insinerator eksisting yang ada belum dilengkapi dengan sistem pengendalian emisi sehingga perlu dilakukan redesain insinerator yang dilengkapi dengan alat pengendali pencemaran udara yang bertujuan untuk mengendalikan emisi keluar akibat pembakaran. Perencanaan ini bertujuan merancang unit insinerator skala TPST yang dilengkapi sistem pengendalian emisi berupa *wet scrubber* didasarkan pada kemampuannya dalam mengendalikan polutan gas dan partikulat, dengan efisiensi yang relatif tinggi dan pengoperasian yang sederhana sehingga sesuai untuk skala TPST. Perancangan dilakukan berdasarkan karakteristik gas buang dengan laju alir 0,129 m³/detik serta target efisiensi penurunan polutan sesuai regulasi. Hasil redesain menunjukkan bahwa integrasi *economizer* mampu menurunkan suhu gas buang sebelum memasuki *wet scrubber* sehingga meningkatkan efisiensi proses penyerapan. *Wet scrubber* yang dirancang memiliki diameter kolom 0,4 m dan tinggi tower 2,26 m dengan kebutuhan air sirkulasi sebesar 0,22 L/detik. Estimasi kinerja menunjukkan penurunan konsentrasi NO₂ dari 2057,21 mg/m³ menjadi 411,44 mg/m³ dan CO dari 188,49 mg/m³ menjadi 37,70 mg/m³ dengan efisiensi masing-masing 80%, serta penurunan TSP dari 151,67 mg/m³ menjadi 7,58 mg/m³ dengan efisiensi 95%. Gas buang hasil pengolahan selanjutnya dialirkan melalui cerobong yang dirancang untuk meningkatkan penyebaran emisi di udara sehingga meminimalkan dampak terhadap lingkungan sekitar. Konsentrasi akhir emisi menunjukkan bahwa parameter NO₂ dan CO telah memenuhi baku mutu berdasarkan Permen LHK No. 70 Tahun 2016, sementara TSP mengalami penurunan signifikan mendekati nilai ambang batas yang dipersyaratkan.

Kata kunci : redesain insinerator, *economizer*, *wet scrubber*, cerobong, TPST, emisi gas buang.

ABSTRACT

The increasing amount of waste generated at the Integrated Waste Processing Facility (TPST) of Universitas Diponegoro requires treatment technology capable of reducing waste volume while minimizing potential air pollution. The limitations of the existing incinerator, which previously lacked an emission control system, led to a redesign into a dual-chamber configuration consisting of a primary chamber for main combustion and a secondary chamber for high-temperature oxidation of flue gases, resulting in a more stable, continuous combustion process aligned with TPST operational hours. This study aims to design a TPST-scale incinerator integrated with an emission control system using a wet scrubber to reduce gaseous and particulate pollutants. The design was developed based on flue gas characteristics with a flow rate of 0.129 m³/s and targeted pollutant removal efficiencies in accordance with regulatory standards. The redesign results indicate that the integration of an economizer reduces flue gas temperature prior to entering the wet scrubber, thereby improving absorption efficiency. The designed wet scrubber has a column diameter of 0.4 m and a tower height of 2.26 m with a circulating water requirement of 0.22 L/s. Performance estimation shows reductions in NO₂ concentration from 2057.21 mg/m³ to 411.44 mg/m³ and CO from 188.49 mg/m³ to 37.70 mg/m³ with efficiencies of 80%, as well as a reduction in TSP from 151.67 mg/m³ to 7.58 mg/m³ with 95% efficiency. The treated flue gas is then discharged through a chimney designed to enhance atmospheric dispersion and minimize environmental impacts. The final emission concentrations indicate that NO₂ and CO meet the emission standards stipulated in Permen LHK No. 70 of 2016, while TSP shows a significant reduction approaching the regulatory limit.

Keywords: *incinerator redesign, economizer, wet scrubber, chimney, TPST, flue gas emissions.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kampus sebagai pusat kegiatan akademik, administratif, dan sosial menghasilkan timbulan sampah yang beragam, baik organik maupun anorganik, yang berasal dari aktivitas civitas akademika. Sampah kampus umumnya didominasi oleh sampah organik seperti sisa makanan dan daun, serta sampah anorganik seperti plastik dan kertas (Chalik dkk, 2011). Oleh karena itu, perguruan tinggi memiliki peran penting dalam mewujudkan pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Universitas Diponegoro (UNDIP) merupakan salah satu kampus besar di Jawa Tengah dengan jumlah mahasiswa aktif sebanyak 58.630 mahasiswa pada tahun 2025 (Direktorat Akademik Universitas Diponegoro, 2025). Tingginya aktivitas tersebut menyebabkan timbulan sampah kampus yang signifikan sehingga memerlukan pengelolaan yang efektif.

Sebagai upaya dalam mengelola timbulan sampah tersebut, UNDIP telah memiliki Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) dengan luas $\pm 360 \text{ m}^2$ yang dilengkapi dengan berbagai fasilitas pengolahan sampah organik dan anorganik, seperti pengomposan, pirolisis, maggot, kandang ayam, serta insinerator untuk mengurangi volume sampah.

Namun, berdasarkan kondisi eksisting, sistem insinerator yang digunakan masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem insinerator yang digunakan berupa sistem pembakaran dengan satu ruang bakar (*single Chamber*), di mana proses pembakaran berlangsung dalam satu ruang tanpa adanya ruang bakar sekunder. Sistem suplai udara belum dilengkapi dengan pengaturan udara primer dan sekunder secara mekanis, serta belum terdapat sistem kontrol temperatur otomatis. Selain itu, unit insinerator belum dilengkapi dengan alat pengendalian pencemaran udara (*Air Pollution Control Device/APCD*).

Insinerator digunakan untuk mengolah sampah organik seperti daun dan ranting, sementara timbulan sampah kampus juga mencakup plastik lembaran

dengan karakteristik pembakaran yang berbeda. Berdasarkan hasil sampling dan proyeksi timbulan sampah, kapasitas perancangan insinerator ditetapkan sebesar 69,423 kg/jam untuk mengakomodasi kebutuhan pengolahan sampah di lingkungan kampus.

Proses pembakaran dalam insinerator menghasilkan gas buang yang mengandung partikulat dan gas pencemar seperti karbon oksida (CO_x), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur oksida (SO_x) (Arena, 2012). Oleh karena itu, diperlukan perancangan insinerator dengan sistem pembakaran yang terkontrol serta dilengkapi dengan pengendalian emisi, salah satunya menggunakan *wet scrubber*, agar memenuhi standar baku mutu lingkungan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan permasalahan yang melatarbelakangi Tugas Akhir ini, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Timbulan sampah di Universitas Diponegoro memerlukan sistem pengelolaan yang mampu mengakomodasi karakteristik sampah yang beragam, baik organik maupun anorganik..
2. Sistem insinerator yang digunakan di TPST Undip berupa sistem pembakaran dengan satu ruang bakar, tanpa dilengkapi ruang bakar sekunder serta pengaturan suplai udara secara mekanis.
3. Insinerator di TPST Undip belum dilengkapi alat pengendali pencemaran udara untuk mengendalikan emisi gas buang hasil pembakaran.

1.3 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan yang didasari dan identifikasi masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang ulang insinerator yang mampu mengolah sampah organik berupa daun dan ranting serta sampah anorganik berupa plastik lembaran di TPST Undip?
2. Bagaimana merancang sistem pembakaran insinerator yang terkontrol sesuai dengan karakteristik sampah?
3. Bagaimana merancang alat pengendali pencemaran udara yang sesuai untuk mengendalikan emisi gas buang hasil pembakaran insinerator di TPST Undip?

1.4 Rumusan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dapat ditetapkan tujuan dari perencanaan ini sebagai berikut:

1. Merancang ulang insinerator yang mampu mengolah sampah organik berupa daun dan ranting serta sampah anorganik berupa plastik lembaran di TPST Undip.
2. Merancang sistem pembakaran insinerator yang terkontrol sesuai dengan karakteristik sampah.
3. Merancang alat pengendali pencemaran udara yang sesuai dengan kebutuhan untuk mengendalikan emisi gas buang hasil pembakaran insinerator.

1.5 Pembatasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini, ditetapkan pembatasan masalah agar poin bahasan memiliki ruang lingkup yang jelas dan terarah. Berdasarkan penjabaran pada rumusan tujuan, masalah dalam Tugas Akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada pengelolaan sampah padat di TPST Universitas Diponegoro.
2. Jenis Sampah yang akan diolah adalah sampah organik (daun dan ranting) serta sampah anorganik berupa plastik lembaran.
3. Perancangan difokuskan pada redesain insinerator dan penambahan sistem pengendali pencemaran udara (*wet scrubber* dan cerobong).
4. Parameter emisi yang dikaji meliputi total partikulat, SO₂, NO₂, CO, dan kandungan lainnya yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan makhluk hidup sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 70 Tahun 2016.
5. Perancangan alat didesain hanya mempertimbangkan kualitas udara keluaran produksi dan rancangan anggaran biaya dari perancangan alat.

1.6 Rumusan Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak internal maupun eksternal sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Dengan adanya perencanaan ini, penulis dapat memperoleh wawasan terkait perencanaan pengendalian pencemaran udara dalam alat insinerator serta dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh di dunia perkuliahan secara langsung.

2. Bagi Pembaca

Menjadi referensi pembelajaran mengenai alat pengendali pencemaran udara dan menjadi referensi dalam melakukan kajian ilmiah terhadap pengaplikasian alat pengendali pencemaran udara pada insinerator atau penelitian yang relevan.

3. Bagi IPTEK

Perancangan ini digunakan untuk memberikan referensi dalam pengendalian pencemaran udara, serta memberikan informasi pengaruh pencemaran udara khususnya pada kegiatan pengolahan sampah organik dan anorganik dengan skala TPST terhadap lingkungan sekitar.

4. Bagi TPST

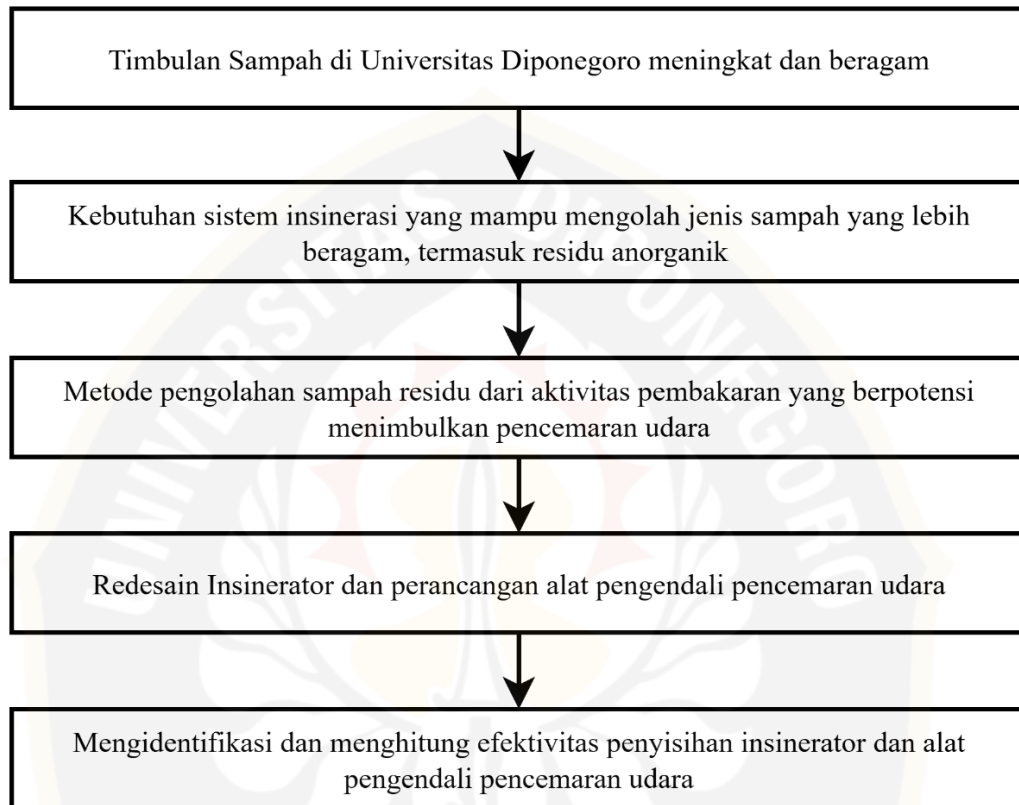
Memberikan usulan desain alat pengendalian pencemaran udara yang dapat diaplikasikan pada skala TPST terkhusus untuk alat insinerator sebagai aplikasi metode pembakaran dalam mengolah sampah.

5. Bagi Masyarakat

Perancangan yang akan dilakukan penulis dapat membantu masyarakat dalam menangani permasalahan pencemaran udara dari metode pembakaran yang ada pada kawasan TPST dan lingkungan sekitar, serta dapat dijadikan informasi terkait penyediaan fasilitas dan potensi yang seharusnya dapat dimanfaatkan dengan maksimal.

1.7 Kerangka Pikir Perencanaan

Kerangka pikir dalam perencanaan dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1
Kerangka Pikir Perencanaan

DAFTAR PUSTAKA

- Alex, S. (2015). Sukses mengolah sampah organik menjadi pupuk organik. Pustaka Baru Press.
- Alvin, J. A. (2014). Analisa timbulan dan komposisi sampah rumah tipe sedang: Contoh kasus Perumahan Taman Losari 2000 Makassar (Tugas akhir). Universitas Hasanuddin.
- Arena, U. (2012). *Process and technological aspects of municipal solid waste gasification: A review. Waste Management, 32(4), 625–639.*
- ASHRAE. (2017). *ASHRAE handbook: Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.*
- Ashworth, D. C., Fuller, G. W., Toledano, M. B., Font, A., Elliott, P., Hansell, A. L., & de Hoogh, K. (2013). *Comparative assessment of particulate air pollution exposure from municipal solid waste incinerator emissions. Journal of Environmental and Public Health.*
- Azizah, R dan Kurniawati, E, N. 2006. Pengaruh Penggunaan Cerobong Asap Model “*WATER SPONS FILTER*” (WSF) Terhadap Penurunan Kadar SO₂ Pada Industri Tahu Di Sukun Malang. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Airlangga Surabaya
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. (1996). Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 205 Tahun 1996 tentang pedoman teknis pengendalian pencemaran udara. BAPEDAL.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2025). *Kota Semarang dalam angka 2025.* Badan Pusat Statistik Kota Semarang.
- Badan Standardisasi Nasional. (2025). SNI 3964:2025 tentang Metode Pengembalian dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan. Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2023). SNI 8423:2023 Insinerator. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). SNI 7117-21:2021 tentang emisi gas buang–sumber tidak bergerak–bagian 21: Pengambilan contoh uji partikulat secara

isokinetik menggunakan filter di dalam cerobong (in-stack filter) dan penentuan kadar partikulat secara gravimetri.

Badan Standardisasi Nasional. (1994). SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengembalian dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan. Standardisasi Nasional.

Basu, P. (2018). *Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction: Practical design and theory (3rd ed.)*. Academic Press.

Boumanchar, I., Charafeddine, K., Chhiti, Y., et al. (2019). *Biomass higher heating value prediction from ultimate analysis using multiple regression and genetic programming*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 9, 499–509.

BPSDM Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Modul pelatihan teknologi WtE termal insinerasi. Kementerian PUPR.

Budiyono, A., 2001. *Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan*. Berita Dirgantara Vol 2, No.1 Maret 2001.

Chalik, F., et al. (2011). *Pengelolaan sampah perkotaan di negara berkembang*. Universitas Indonesia Press.

Cheremisinoff, N. P. (2018). *Air pollution control and design for industry*. CRC Press.

Cooper, C. D., & Alley, F. C. (2011). *Air pollution control: A design approach (4th ed.)*. Waveland Press.

Damanhuri, E., & Padmi, T. (2016). *Pengelolaan sampah terpadu*. ITB Press.

Dewi, R. K., & Hartono, D. (2021). Identifikasi sumber timbulan sampah perkotaan di Kota Yogyakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(2), 89–98.

Dzierwa, P., Trojan, M., Peret, P., Taler, J., Taler, D., Kaczmariski, K., Wrobel, W., & Bator, J. (2024). *Technological and economical analysis of the heat recovery system from flue gas in a thermal waste treatment plant*. *Energy*, 307, 132708. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132708>

Environmental Protection Agency. (1984). *APTI Course SI:412C wet scrubber plan review self-instructional guidebook*. Air Pollution Training Institute.

Environmental Protection Agency. (1995). *Wet scrubber for acid gas (EPA/452/B-02-001)*. United States Environmental Protection Agency.

- Environmental Protection Agency. (1998). *On-site incineration. United States Environmental Protection Agency.*
- Environmental Protection Agency. (2002). *EPA air pollution control cost manual* (6th ed.). United States Environmental Protection Agency.
- Environmental Protection Agency. (2021). *Particulate matter (PM) pollution.* United States Environmental Protection Agency.
- Environmental Protection Agency. (2022a). *Carbon monoxide (CO) pollution.* United States Environmental Protection Agency.
- Environmental Protection Agency. (2022b). *Nitrogen dioxide (NO₂) pollution.* United States Environmental Protection Agency.
- Environmental Protection Agency. (2022c). *Sulfur dioxide (SO₂) pollution.* United States Environmental Protection Agency.
- Fildzah, N. (2022). *Perencanaan tempat pengelolaan sampah dengan prinsip reduce, reuse, recycle (TPS 3R).* Universitas Islam Riau.
- Fuadilah, R. (2012). *Timbulan dan komposisi sampah sebagai dasar perancangan teknis operasional persampahan* (Skripsi). Universitas Indonesia.
- Gelbert, M., et al. (1996). *Konsep pendidikan lingkungan hidup dan wall chart.* PPPGT/VEDC.
- Green, D. W., & Southard, M. Z. (Eds.). (2019). *Perry's chemical engineers' handbook* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hadi, S. (2019). *Analisis teknologi pengolahan sampah dengan metode termal.* Gadjah Mada University Press.
- Hulu, G. M. R., & Rahmawaty. (2021). Analisis perpindahan panas dan efektivitas economizer pada boiler unit 4 PLTU Pangkalan Susu. *SINERGI: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Polmed,*
- Jiang, J., Sun, Y., Liu, G., & Li, J. (2020). Review on moving grate incinerator technology and application in waste-to-energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 118,* 109522.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050.* World Bank.

- Kale, S., Ghosh, P., & Sharma, R. (2021). Waste characterization and its importance in sustainable solid waste management. *Journal of Environmental Management*.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-45/MENLH/1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2013). *Pedoman teknis pengelolaan persampahan perkotaan*. Kementerian PUPR.
- Kurniawan, A. (2017). *Pengendalian pencemaran udara: Konsep, regulasi, dan implementasi*. Pustaka Reka Cipta.
- Latief, A. S. (2012). *Teknologi Pengolahan Sampah dengan Proses Termal*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2018). *Modul pelatihan teknologi waste to energy (WtE) termal insinerasi*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). (2016). *National ambient air quality standards*. United States Environmental Protection Agency.
- Niessen, W. R. (2010). *Combustion and incineration processes: Applications in environmental engineering* (4th ed.). CRC Press.
- Nidoni, U. (2017). Rotary kiln incinerator: Principles and applications for hazardous waste treatment. *International Journal of Engineering Research*, 6(4), 25–32.
- Nursetyowati, P., Safrilah, & Zahra, N. (2023). Strategi Pengelolaan Sampah Terintegrasi Menuju Kampus yang Berkelanjutan di Universitas Bakrie. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Omari, A. M., John, G. R., Njau, K. N., & Mtui, P. L. (2015). *Operating conditions of a locally made fixed-bed incinerator; a case study of Bagamoyo – Tanzania*. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3(2), 80–90. <https://doi.org/10.11648/j.ijema.20150302.17>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang baku mutu emisi usaha dan/atau kegiatan pembangkit tenaga listrik termal.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara.
- Rizki, Z. (2020). *Evaluasi pengelolaan sampah perkotaan di Indonesia*. Alfabeta.
- Rizky, M. A., et al. (2013). *Sistem pengelolaan sampah Kota Semarang*. Universitas Diponegoro.
- Sembiring, E., & Nitivattananon, V. (2020). Sustainable solid waste management toward enhanced recycling in developing countries: A case study of Indonesia. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104537. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104537>
- Sander, R. (2023). *Compilation of Henry's law constants (version 5.0.0) for water as solvent*. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23(19), 10901–12440.
- Setyawati, D., & Putri, F. A. (2021). Kajian efektivitas pengendalian emisi pada pembakaran sampah skala kecil. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(2), 115–124.
- Siami, S., et al. (2019). Municipal solid waste quantification and characterization in Banyuwangi, Indonesia. *Urban and Environmental Technology*, 2(2), 189–200. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v2i2.4359>
- Soemargono, S. (1977). *Pengendalian pencemaran udara*. Departemen Kesehatan RI.
- Soemargono, S. (2018). *Pengendalian pencemaran udara: Teori dan aplikasi*. Gadjah Mada University Press.
- Sudrajad, A., & Syaefulloh, A. (2021). Perencanaan teknologi WtE berbasis insinerasi untuk pengolahan sampah perkotaan. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 8(1), 45–55.
- Suhandi, A. (2015). *Teknologi insinerasi dalam pengelolaan limbah medis*. ITB Press.
- Sujarwo, Trisanti, & Widyaningsih. (2014). *Pengelolaan sampah organik & anorganik*. Penerbit Universitas Terbuka.
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (Eds.). (2002). *Handbook of solid waste management* (2nd ed.). McGraw-Hill.

- Theisen, H., & Vigil, S. (2014). *Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues*. McGraw-Hill.
- Van Caneghem, J., Brems, A., Lievens, P., Block, C., Billen, P., Vermeulen, I., Dewil, R., Baeyens, J., & Vandecasteele, C. (2012). *Fluidized bed waste incinerators: Design, operational and environmental issues*. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(4), 551–582.
- Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R., & Pollard, S. J. T. (2010). *Production and quality assurance of solid recovered fuels using mechanical-biological treatment (MBT) of waste: A comprehensive assessment*. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*
- World Health Organization. (2021). *Air quality guidelines: Global update 2021*. World Health Organization.
- Yudisworo, F. (2014). "Pengertian Blower dan Fan," *Journal of Electrical, Electronics, Control, and Instrumentations Engineering*.
- Zhou, H., Meng, A., Long, Y., Li, Q., & Zhang, Y. (2015). An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: Physical, chemical composition and heating value. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 718–728.