

**Nomor Urut : 191 A /UN7.F3.6.TL/DL/II/2025
192 A /UN7.F3.6.TL/DL/II/2025**

Laporan Tugas Akhir

**DESAIN BIOFILTER SEBAGAI ALAT PENGENDALI
BAU DI TPS 3R DESA KRADENAN**



Disusun Oleh:

Ifta Anisa Pramesti	21080121120024
Annisa Nurul Sasikirana	21080121130094

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

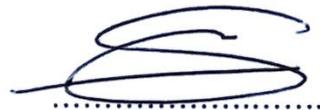
Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Ifta Anisa Pramesti
NIM : 21080121120024
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Desain Biofilter sebagai Alat Pengendali Bau di TPS 3R Desa Kradenan

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.

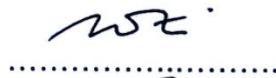
Pembimbing I:
Dr. Eng. Bimastyaji Surya Ramadan, S.T., M.T.
199203242019031016



Pembimbing II:
Dr. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc
197401311999031003



Ketua Penguji:
Dr. Ir. Nurandani Hardyanti, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
197301302000032001



Anggota Penguji:
Dr. Yustina Metanoia Pusparizkita, S.T., M.T.
H.7. 199203122022022001



Semarang, 27 Agustus 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Annisa Nurul Sasikirana
NIM : 21080121130094
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Desain Biofilter sebagai Alat Pengendali Bau di TPS 3R
Kradenan

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. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc
197401311999031003



Pembimbing II:
Dr. Eng. Bimastyaji Surya Ramadan, S.T., M.T.
199203242019031016



Ketua Penguji:
Dr. Yustina Metanoia Pusparizkita, S.T., M.T.
H.7. 199203122022022001



Anggota Penguji:
Dr. Ir. Nurandani Hardyanti, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
197301302000032001



Semarang, 27 Agustus 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



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

ABSTRAK

Proses pengomposan sampah organik yang dilakukan di TPS 3R Desa Kradenan menghasilkan kompos serta emisi gas buangan berupa ammonia dan hidrogen sulfida yang mengakibatkan munculnya bau tak sedap, sehingga menghambat operasional TPS 3R. Perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari sumber cemaran bau yang muncul di TPS serta merancang alat yang mampu untuk mengendalikan serta mengurangi konsentrasi pencemar bau yang muncul sebagai akibat dari proses pengomposan. Jumlah sampah yang dikelola di TPS 3R mencapai 1.678 kg per hari dengan >99% adalah sampah organik yang terdiri dari kulit buah, kulit bawang, batang pisang, dan sisa makanan. Secara kumulatif, konsentrasi gas berbau yang dihasilkan dari proses pengomposan dalam satu kali pasokan sampah, yaitu 117,05 m³ NH₃ dan 29,07 m³ H₂S. Maka dari itu, pengolahan secara biologis menggunakan alat berupa biofilter dipilih dalam perencanaan ini dengan mempertimbangkan aspek kemudahan operasional, terjangkaunya biaya, dan ketersediaan alat dan bahan di lokasi perencanaan. Media dipilih melalui metode *scoring* dengan kriteria porositas, kapasitas kelembaban, kapasitas nutrisi, dan masa pakai, sehingga terpilih kompos dan serpihan kayu sebagai media, dengan rasio komposisi yang digunakan adalah 1:1. Biofilter dirancang dengan tipe horizontal *flat-bed* dengan ukuran 3 × 3 meter dengan kedalaman media 0,5 meter, serta dilengkapi dengan sprinkler untuk menjaga kelembaban dari media. Kehilangan tekan yang terjadi diperkirakan mencapai 1121,41 Pa, sehingga sistem biofilter dilengkapi dengan kipas berkapasitas 1200 Pa untuk mengurangi pengurangan tekan yang terjadi. Efisiensi penyisihan yang dicapai oleh biofilter dalam perencanaan ini diestimasikan mencapai 84,5% untuk menyisihkan NH₃ dan 94,5 % untuk menyisihkan H₂S, sehingga sisa emisi yang dikeluarkan setelah biofilter yaitu 0,0126 m³/menit NH₃ dan 0,0011 m³/menit H₂S. Total energi yang diproduksi dalam aktivitas nitrifikasi adalah sebesar -34.045.000 kJ dan aktivitas desulfurisasi sebesar -1.165.080 kJ.

Keyword: kompos, gas berbau, ammonia, hidrogen sulfida, biofilter

ABSTRACT

The organic waste composting process at the TPS 3R in Kradenan Village produces compost and emits exhaust gases in the form of ammonia and hydrogen sulphide, which cause unpleasant odours and limit the operation of the TPS 3R. The purpose of this study is to determine the characteristics of the odour pollution sources that emerge at the TPS and establish a system that can control and reduce the concentration of odour pollutants that develop as a result of the composting process. The amount of waste managed at TPS reaches 1,678 kg, with >99 being organic waste consisting of fruit peels, onion skins, banana stems, and food residues. The total concentration of odorous gases produced by the composting process in one day waste load is 117,05 m³ NH₃ and 29,07 m³ H₂S. Consequently, biological treatment using a biofilter was selected for this planning according to operational practicality, affordable costs, and the availability of tools and materials at the planning location. The medium was selected using a scoring procedure which considered porosity, moisture capacity, nutrient capacity, and lifespan, resulting in compost and wood chips as the media, with a 1:1 composition ratio. The biofilter is 3 x 3 meters and has a medium depth of 0.5 meters. It is equipped with a sprinkler to regulate humidity. The pressure loss was anticipated to be 1121.41 Pa, so the biofilter system was designed with a 1200 Pa capacity fan to mitigate the pressure drop. The removal efficiency achieved by the biofilter in this planning is projected to reach 84,5% for removing NH₃ and 94,5% for removing H₂S, indicating that the remaining emissions after the biofilter are 0,0126 m³/minute of NH₃ and 0,0011 m³/minute of H₂S. The total energy produced in nitrification activity is -34,045,000 kJ, while 34,045,000 kJ desulfurization activity produces -1,165,080 kJ.

Keyword: *compost, odorous gases, ammonia, hydrogen sulphide, biofilter*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Krisis lingkungan di Indonesia yang semakin mendesak menempatkan sampah menjadi salah satu isu yang perlu untuk diperhatikan. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), 41,26% sampah di Indonesia tidak dikelola di fasilitas pengelolaan sampah. Kondisi ini dapat menimbulkan sejumlah tantangan dari berbagai sisi, baik lingkungan, sosial, hingga ekonomi (Sari & Mulasari, 2017). Salah satu dampak lingkungan yang signifikan adalah akibat dari kegiatan pengelolaan sampah organik yang tidak memadai, sehingga menyebabkan sejumlah bahaya lingkungan hingga mengancam kesehatan manusia. Bahkan, diperkirakan sekitar 5% dari total emisi gas rumah kaca (GRK) berasal dari pembuangan sampah organik dengan metode *open dumping* (Sailer dkk., 2021).

Sistem pengomposan menjadi paradigma baru dalam pengelolaan sampah di Indonesia, dimana sampah yang dihasilkan memiliki nilai ekonomi dan dapat dimanfaatkan kembali dengan memanfaatkan proses daur ulang. Proses konversi bahan organik dalam suatu fasilitas pengomposan dapat mengurangi lebih dari 50% beban yang diterima oleh tempat pembuangan akhir ataupun fasilitas insinerasi (Hettiarachchi dkk., 2020). Proses ini melibatkan dekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik oleh berbagai jenis mikroba dengan hasil akhir berupa kompos. Pada umumnya, proses pengomposan ini digunakan untuk mendaur ulang limbah organik dengan bentuk fisik berupa padatan dan semi padatan, seperti lumpur, sampah perkotaan, dan sisa kegiatan agrikultur. Kompos dapat digunakan sebagai bahan remediasi tanah atau pupuk hayati yang dapat memperbaiki sifat fisiokimia dan biologi tanah dalam pengaplikasiannya. Selain itu, kompos juga mampu untuk meningkatkan kapasitas menahan air tanah dan dapat digunakan untuk memulihkan kondisi tanah yang terkontaminasi polutan organik dan logam berat (Andraskar dkk., 2023).

TPS 3R Kradenan yang berlokasi di area Pasar Tradisional Desa Kradenan, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, telah menerapkan sistem pengomposan untuk mengelola sampah organik yang diterimanya. Namun, dalam sistem operasionalnya, ditemui permasalahan berupa bau yang diakibatkan oleh proses pengomposan. Proses pengomposan sampah melibatkan proses dekomposisi material organik sehingga menghasilkan beberapa komponen gas berbau berupa hidrogen sulfida (H_2S) dan amonia (NH_3). Kedua gas tersebut merupakan indikator tingkat kebauan pada lingkungan (Hidayatullah dkk., 2021). Senyawa berbau seperti *Volatile Organic Compound* (VOC), dan *Volatile Sulfuric Compound* (VSC) selama proses pengomposan adalah alasan utama lainnya yang membatasi penerapannya (Andraskar dkk., 2023). Selain itu, pada proses pengomposan dihasilkan pula emisi berupa gas rumah kaca (GRK) yang turut menimbulkan dampak buruk terhadap kualitas udara di sekitar. GRK yang dilepaskan disebabkan oleh energi yang digunakan dalam proses operasional fasilitas pengomposan dan reaksi biokimia di dalam sampah organik itu sendiri yang menghasilkan karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O). mineralisasi dan degradasi bahan organik (Sayara & Sánchez, 2021). Akibatnya, terdapat proses pengomposan di TPS ini dihentikan akibat adanya keluhan dari masyarakat terkait bau tak sedap yang sampai di area permukiman warga.

Gas yang dihasilkan oleh proses pengomposan, dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan apabila masuk ke dalam tubuh. Apabila gas H_2S dan NH_3 terhirup secara terus menerus, maka dapat berisiko terhadap kesehatan masyarakat. Paparan terhadap bau dapat menyebabkan sejumlah respons fisiologis dan psikologis, termasuk stres, depresi, memicu kemarahan, kelelahan, disorientasi, dan ketidakstabilan suasana hati secara keseluruhan (H. Zhang dkk., 2024). Senyawa berbau ini dapat memicu emosi negatif mulai dari tekanan psikologis dan kegelisahan hingga gejala fisik, seperti sakit kepala, kesemutan pada mata, hingga masalah pernapasan. Hal ini menjadi penyebab utama keluhan dari warga yang tinggal di dekat sumber emisi (Wojnarowska dkk., 2020). Maka dari itu, diperlukan

sebuah alat untuk mengendalikan emisi berupa bau yang dihasilkan dari proses pengomposan di TPS 3R Desa Kradenan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka didapatkan identifikasi masalah yang dijadikan sebagai acuan perencanaan, yaitu:

1. Proses pengomposan sampah organik di TPS 3R Desa Kradenan menghasilkan kompos serta emisi gas buangan yang mengakibatkan bau.
2. Terhambatnya operasional TPS 3R akibat bau dari emisi gas buangan sehingga diperlukan alat pengendali pencemaran udara.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah bertujuan untuk mengarahkan perencanaan agar berfokus pada tujuan tertentu. Pada perencanaan ini terdapat cakupan yang sangat luas untuk dipertimbangkan dan diperhatikan. Sehingga perencanaan ini perlu adanya pembatasan masalah, yang terdiri dari:

1. Lokasi perencanaan terpilih yakni TPS 3R Desa Kradenan
2. Data primer serta sekunder yang digunakan diperoleh dari TPS 3R Desa Kradenan dan dinas terkait.
3. Perencanaan hanya mempertimbangkan kualitas udara yang dihasilkan, kapasitas pengomposan, serta kemampuan finansial badan terkait.

1.4 Perumusan Masalah, Tujuan, dan Manfaat

Permasalahan yang diangkat dari perencanaan ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik sumber cemaran bau di TPS 3R Desa Kradenan dan pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar?
2. Bagaimana kriteria dari biofilter sebagai alat pengendali pencemar bau yang dibutuhkan untuk mengurangi intensitas bau yang dihasilkan dari TPS 3R Desa Kradenan?

Tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik sumber cemaran bau di TPS 3R Desa Kradenan dan pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar.

2. Merancang alat biofilter sebagai pengendali pencemar bau yang dibutuhkan untuk mengurangi intensitas bau yang dihasilkan dari TPS 3R Desa Kradenan.

Dengan melakukan perencanaan ini, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat sebagai berikut.

1. Manfaat bagi Mahasiswa

Perencanaan ini diharapkan dapat meningkatkan wawasan dan pengetahuan mahasiswa mengenai pengelolaan pengendalian pencemar udara berupa bau yang dihasilkan dalam proses pengomposan dan dampak – dampak dari pencemar tersebut kepada lingkungan.

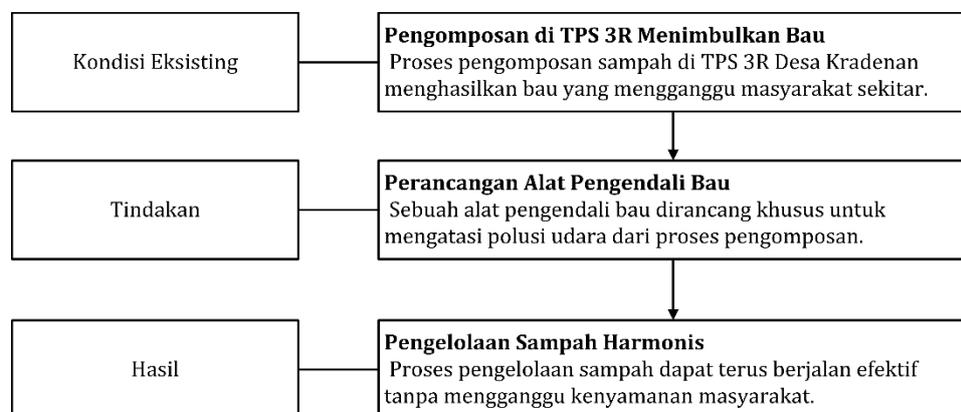
2. Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan

Manfaat penelitian ini bagi ilmu pengetahuan yaitu memberikan pengetahuan terkait pemanfaatan teknologi biofilter dalam upaya mengurangi pencemaran udara berupa bau yang diakibatkan oleh proses pengomposan.

3. Manfaat bagi Perguruan Tinggi

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan masukan pengetahuan bagi lembaga pendidikan mengenai pemanfaatan teknologi dalam upaya mengurangi pencemaran udara berupa bau yang diakibatkan oleh proses pengomposan.

1.5 Kerangka Pikir Perencanaan



Gambar 1. 1 Kerangka Pikir Perencanaan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Aslam, Z., Bellitürk, K., Iqbal, N., Naeem, S., Idrees, M., Kaleem, Z., Nawaz, M. Y., Nawaz, M., Sajjad, M., Rehman, W. U., Ramzan, H. N., Waqas, M., Akram, Y., Jamal, M. A., Ibrahim, M. U., Baig, H. A. T., & Kamal, A. (2021). Vermicomposting Methods from Different Wastes: An Environment Friendly, Economically Viable and Socially Acceptable Approach for Crop Nutrition: A Review. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 5(1), 58–68. <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2021.03.009>
- Ajayi, V. (2017). *Primary Sources of Data and Secondary Sources of Data*.
- Almeida, J. L. de, Dumouchel, J., Santos, J. J. das N., Dulac, Y., Cabral, A. R., & Héroux, M. (2024). Construction, monitoring, and efficiency of a biofilter treating a high flow, lean, landfill gas. *Waste Management*, 190, 455–464. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.10.007>
- Andraskar, J., Yadav, S., & Kapley, A. (2021). Challenges and Control Strategies of Odor Emission from Composting Operation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 193(7), 2331–2356. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03490-3>
- Andraskar, J., Yadav, S., Khan, D., & Kapley, A. (2023). Treatment Options for Municipal Solid Waste by Composting and Its Challenges. In *Indian Journal of Microbiology* (Vol. 63, Issue 3, pp. 235–243). Springer. <https://doi.org/10.1007/s12088-023-01087-4>
- Aprilia, A., Tezuka, T., & Spaargaren, G. (2013). Inorganic and Hazardous Solid Waste Management: Current Status and Challenges for Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 640–647. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.080>
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. In *Organic Agriculture* (Vol. 8, Issue 2, pp. 141–158). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Barbusinski, K., Kalemba, K., Kasperczyk, D., Urbaniec, K., & Kozik, V. (2017a). Biological methods for odor treatment – A review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 152, pp. 223–241). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.093>
- Barbusinski, K., Kalemba, K., Kasperczyk, D., Urbaniec, K., & Kozik, V. (2017b). Biological methods for odor treatment – A review. *Journal of Cleaner Production*, 152, 223–241. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.03.093>
- Beerens, H., & Romond, C. (1977). Sulfate-reducing anaerobic bacteria in human feces. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 30(11), 1770–1776. <https://doi.org/10.1093/ajcn/30.11.1770>

- Bellegoni, M., Chicchiero, C., Landucci, G., Galletti, C., & Salvetti, M. V. (2022). A UQ based calibration for the CFD modeling of the gas dispersion from an LNG pool. *Process Safety and Environmental Protection*, *162*, 1043–1056. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.04.073>
- Boumanchar, I., Chhiti, Y., M'hamdi Alaoui, F. E., Sahibed-dine, A., Bentiss, F., Jama, C., & Bensitel, M. (2019). Municipal solid waste higher heating value prediction from ultimate analysis using multiple regression and genetic programming techniques. *Waste Management and Research*, *37*(6), 578–589. <https://doi.org/10.1177/0734242X18816797>
- Brancher, M., Griffiths, K. D., Franco, D., & de Melo Lisboa, H. (2017). A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*, *168*, 1531–1570. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2016.11.160>
- Byers, V. L. (1995). Overview of the Data Collection Process. *Journal of Neuroscience Nursing*, *27*(3). https://journals.lww.com/jnnonline/fulltext/1995/06000/overview_of_the_data_collection_process.8.aspx
- Chen, J., Chen, T.-B., Gao, D., Lei, M., Zheng, G.-D., Liu, H.-T., Guo, S.-L., & Cai, L. (2011). Reducing H₂S production by O₂ feedback control during large-scale sewage sludge composting. *Waste Management*, *31*(1), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.08.020>
- Chen, L., Marti, M. deHaro, Moore, A., & Falen, C. (2011). The Composting Process. *Dairy Manure Compost Production and Use in Idaho*, *2*, 513–532.
- Chou, C.-H. S. J. . (2003). *Hydrogen sulfide : human health aspects*. World Health Organization.
- Chowdhury, A., & Sarkar, A. (2023). Vermicomposting—the sustainable solid waste management. In *Waste Management and Resource Recycling in the Developing World*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90463-6.00013-0>
- Chung, Y.-C., Lin, Y.-Y., & Tseng, C.-P. (2004). Operational Characteristics of Effective Removal of H₂S and NH₃ Waste Gases by Activated Carbon Biofilter. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *54*(4), 450–458. <https://doi.org/10.1080/10473289.2004.10470915>
- Cihacek, L. J., & Bremner, J. M. (1993). Characterization of the sulfur retained by soils exposed to hydrogen sulfide. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *24*(1–2), 85–92. <https://doi.org/10.1080/00103629309368782>
- Delhoménie, M. C., Bibeau, L., Gendron, J., Brzezinski, R., & Heitz, M. (2003). A study of clogging in a biofilter treating toluene vapors. *Chemical Engineering Journal*, *94*(3), 211–222. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(03\)00052-4](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(03)00052-4)
- Destiasari, A., Sumiyati, S., & Istirokhatun, T. (2024). Review Metode Kompos Aerob: Windrow, Takakura dan Composter Bag. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *22*(2), 355–364. <https://doi.org/10.14710/jil.22.2.355-364>

- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2017). *Petunjuk Teknis TPS 3R*.
- Dorado, A. D., Lafuente, F. J., Gabriel, D., & Gamisans, X. (2010). A comparative study based on physical characteristics of suitable packing materials in biofiltration. *Environmental Technology*, *31*(2), 193–204. <https://doi.org/10.1080/09593330903426687>
- Edwards, C. A. (2010). Introduction, history, and potential of vermicomposting technology. In *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. <https://doi.org/10.1201/b10453>
- Feder, F. (2018). Recycling organic waste products in a tropical context. In *Soils as a Key Component of the Critical Zone 5: Degradation and Rehabilitation* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1002/9781119438298.ch9>
- Finore, I., Feola, A., Russo, L., Cattaneo, A., Di Donato, P., Nicolaus, B., Poli, A., & Romano, I. (2023). Thermophilic bacteria and their thermozymes in composting processes: a review. In *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* (Vol. 10, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40538-023-00381-z>
- Gadal-Mawart, A., Malhautier, L., Renner, C., Rocher, J., & Fanlo, J. (2012). Treatment of a gaseous mixture by biofilters filled with an inorganic packing material: performance and influence of inoculation on removal efficiency levels. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, *87*(6), 824–830. <https://doi.org/10.1002/jctb.3718>
- Gupta, S., Yildirim, S., Andrikopoulos, B., Wille, U., & Roessner, U. (2023). Deciphering the Interactions in the Root–Soil Nexus Caused by Urease and Nitrification Inhibitors: A Review. In *Agronomy* (Vol. 13, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061603>
- Guzmán-Beltrán, A. M., Vela-Aparicio, D., Montero, S., Cabeza, I. O., & Brandão, P. F. B. (2024). Simultaneous biofiltration of H₂S, NH₃, and toluene using compost made of chicken manure and sugarcane bagasse as packing material. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33757-1>
- Hettiarachchi, H., Bouma, J., Caucci, S., & Zhang, L. (2020). Organic Waste Composting Through Nexus Thinking: Linking Soil and Waste as a Substantial Contribution to Sustainable Development. In *Organic Waste Composting through Nexus Thinking* (pp. 1–15). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36283-6_1
- Hidayatullah, F., Asti Mulasari, S., & Handayani, L. (2021). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Hidrogen Sulfida (H₂S) dan Amonia (NH₃) pada Masyarakat di TPA Piyungan. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal Dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, *18*(2), 155–162. <https://doi.org/10.31964/jkl.v18i2.338>

- Hill, F. B. (1973). Atmospheric sulfur and its links to the biota. *Brookhaven Symposia in Biology*, 30, 159–181.
- Hu, Q. yuan, Wang, C., & Huang, K. xin. (2015). Biofiltration performance and characteristics of high-temperature gaseous benzene, hexane and toluene. *Chemical Engineering Journal*, 279, 689–695. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2015.05.019>
- Huan, C., Fang, J., Tong, X., Zeng, Y., Liu, Y., Jiang, X., Ji, G., Xu, L., Lyu, Q., & Yan, Z. (2021). Simultaneous elimination of H₂S and NH₃ in a biotrickling filter packed with polyhedral spheres and best efficiency in compost deodorization. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124708. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124708>
- Huy, N. N., Thuy, N. T., Hien, L. P. T., Hang, N. T. T., Khuong, V. B., Phung, L. T. K., & Lien, N. T. Le. (2020). Study on the removal of odorous gases from composting process using local bio-media of Vietnam. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 20(2), 130–139. <https://doi.org/10.22146/ajche.54735>
- Komariah, L. N., Zamali, F., Rance, V. L., & Ramayanti, C. (2019). Design of Biofiltration System for Ammonia Removal from the Storage of Rubber Processed Materials. In *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL & SCIENCE EDUCATION* (Vol. 14, Issue 6). <http://www.ijese.com>
- Kong, X., Wang, C., & Ji, M. (2013). Analysis of microbial metabolic characteristics in mesophilic and thermophilic biofilters using Biolog plate technique. *Chemical Engineering Journal*, 230, 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.06.073>
- Koszinowski, J., Müller, H., & Piringer, O. (1980). Identification and quantitative analysis of odorous substances in latex-coated papers. *Coating*, 13(12), 310–312.
- Kuypers, M. M. M., Marchant, H. K., & Kartal, B. (2018). The microbial nitrogen-cycling network. *Nature Reviews Microbiology*, 16(5), 263–276. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.9>
- Liang, Y., Lu, Y., & Li, Q. (2017). Comparative Study on the Performances and Bacterial Diversity from Anaerobic Digestion and Aerobic Composting in Treating Solid Organic Wastes. *Waste and Biomass Valorization*, 8(2), 425–432. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9572-7>
- Liang, Z., Wang, J., Zhang, Y., Han, C., Ma, S., Chen, J., Li, G., & An, T. (2020). Removal of volatile organic compounds (VOCs) emitted from a textile dyeing wastewater treatment plant and the attenuation of respiratory health risks using a pilot-scale biofilter. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120019. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.120019>
- Lin, C.-W., Tsai, S.-L., Lai, C.-Y., Liu, S.-H., & Wu, C.-H. (2019). Biodegradation kinetics and microbial dynamics of toluene removal in a two-stage cell-

- biochar-filled biotrickling filter. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117940. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117940>
- Lin, S., Mackey, H. R., Hao, T., Guo, G., van Loosdrecht, M. C. M., & Chen, G. (2018). Biological sulfur oxidation in wastewater treatment: A review of emerging opportunities. *Water Research*, 143, 399–415. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2018.06.051>
- Malhautier, L., Gracian, C., Roux, J.-C., Fanlo, J.-L., & Le Cloirec, P. (n.d.). *Biological treatment process of air loaded with an ammonia and hydrogen sulfide mixture*. www.elsevier.com/locate/chemosphere
- Malhautier, L., Khammar, N., Bayle, S., & Fanlo, J. L. (2005a). Biofiltration of volatile organic compounds. In *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 68, Issue 1, pp. 16–22). <https://doi.org/10.1007/s00253-005-1960-z>
- Malhautier, L., Khammar, N., Bayle, S., & Fanlo, J.-L. (2005b). Biofiltration of volatile organic compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 68(1), 16–22. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-1960-z>
- Mansouri, N. N., & Nouri, J. (2004). Development of Particulate Matter and Heavy Metal Emission Factors for Kerman Copper Industries. In *Development of... Iranian J Publ Health* (Vol. 33, Issue 1).
- McKie, M. J., Bertoia, C., Taylor-Edmonds, L., Andrews, S. A., & Andrews, R. C. (2019). Pilot-scale comparison of cyclically and continuously operated drinking water biofilters: Evaluation of biomass, biological activity and treated water quality. *Water Research*, 149, 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.11.033>
- Melse, R. W., & Hol, J. M. G. (2017). Biofiltration of exhaust air from animal houses: Evaluation of removal efficiencies and practical experiences with biobeds at three field sites. *Biosystems Engineering*, 159(October), 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.007>
- Montejo, C., Ramos, P., Costa, C., & Márquez, M. C. (2010). Analysis of the presence of improper materials in the composting process performed in ten MBT plants. *Bioresource Technology*, 101(21), 8267–8272. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.024>
- Nava, G. M., Carbonero, F., Croix, J. A., Greenberg, E., & Gaskins, H. R. (2012). Abundance and diversity of mucosa-associated hydrogenotrophic microbes in the healthy human colon. *The ISME Journal*, 6(1), 57–70. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.90>
- NSF. (1976). *Behavior of hydrogen sulfide in the atmosphere and its effects on vegetation*.
- Peck, H. D. (1961). Enzymatic Basis for Assimilatory and Dissimilatory Sulfate Reduction. *Journal of Bacteriology*, 82(6), 933–939. <https://doi.org/10.1128/jb.82.6.933-939.1961>

- Pokorna, D., & Zabranska, J. (2015). Sulfur-oxidizing bacteria in environmental technology. *Biotechnology Advances*, 33(6), 1246–1259. <https://doi.org/10.1016/J.BIOTECHADV.2015.02.007>
- Poonguzhale, V., Muruganatham, S., & Murugaiyan, V. (2016). Effect of dairy and distillery effluents on physico-chemical characteristics of soil: A review. *Pollution Research*, 35(2), 327 – 332. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019255146&partnerID=40&md5=13204dba802701a9efe3c88bee75ef3e>
- Qamaruz-Zaman, N., & Milke, M. W. (2012). VFA and ammonia from residential food waste as indicators of odor potential. *Waste Management*, 32(12), 2426–2430. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.06.023>
- Roe, S. M., Spivey, M. D., Lindquist, H. C., Thesing, K. B., Strait, R. P., Pechan, E. H., Associates, I., Anderson, S., Lester, J., Wooten, B., & Smyth, M. B. (2004). *Estimating Ammonia Emissions from Anthropogenic Non Agricultural Sources - Draft Final Report*.
- Ruslinda, Y., Aziz, R., Sari, N., & Arum, L. S. (2021). The effect of chopping raw material on composting result with the biopore infiltration hole method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1041(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1041/1/012033>
- Sabdo Yuwono, A., & Schulze Lammers, P. (2004). Odor Pollution in the Environment and the Detection Instrumentation. In *CIGR Journal of Scientific Research and Development. Invited Overview Paper* (Issue 1).
- Sailer, G., Eichermüller, J., Poetsch, J., Paczkowski, S., Pelz, S., Oechsner, H., & Müller, J. (2021). Characterization of the separately collected organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) from rural and urban districts for a one-year period in Germany. *Waste Management*, 131, 471–482. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2021.07.004>
- Sari, N., & Mulasari, S. A. (2017). Pengetahuan, Sikap dan Pendidikan dengan Perilaku Pengelolaan Sampah di Kelurahan Bener Kecamatan Tegaltrejo Yogyakarta. *Medika Respati*, 12.
- Sayara, T., & Sánchez, A. (2021). Gaseous emissions from the composting process: Controlling parameters and strategies of mitigation. In *Processes* (Vol. 9, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr9101844>
- Schmidt, D., Janni, K., & Nicolai, R. (2004). *Biosystems and Agricultural Engineering Update Biofilter Design Information*.
- Schwalb, M., Rosevear, C., Chin, R., & Barrington, S. (2011). Food waste treatment in a community center. *Waste Management*, 31(7), 1570–1575. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.02.006>
- Sharma, B., Vaish, B., Monika, Singh, U. K., Singh, P., & Singh, R. P. (2019). Recycling of Organic Wastes in Agriculture: An Environmental Perspective.

- International Journal of Environmental Research*, 13(2), 409 – 429.
<https://doi.org/10.1007/s41742-019-00175-y>
- Singh, S. B., & Lin, H. C. (2015). Hydrogen sulfide in physiology and diseases of the digestive tract. In *Microorganisms* (Vol. 3, Issue 4, pp. 866–889). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/microorganisms3040866>
- Sumartono, A., Wasiq Hidayat, J., & Rahadian, R. (2023). Utilization of Biopori Infiltration Holes as a medium for composting in Purwoyoso Village Semarang City. *E3S Web of Conferences*, 448. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344803029>
- Taufiq, A., & Fajar Maulana, ; M. (2015). Sosialisasi Sampah Organik dan Non Organik serta Pelatihan Kreasi Sampah. *Inovasi Dan Kewirausahaan*, 4(1), 68–73.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill Companies, Incorporated.
- Toledo, M. (2025). *Odour prevention strategies in wastewater treatment and composting plants : A review*. 375(November 2024). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124402>
- Vasarevičius, S. (2011). Investigation and evaluation of 2s emissions from a municipal landfill. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 19(1), 12–20. <https://doi.org/10.3846/16486897.2011.557263>
- Wang, C., Xi, J.-Y., Hu, H.-Y., & Yao, Y. (2009). Stimulative Effects of Ozone on a Biofilter Treating Gaseous Chlorobenzene. *Environmental Science & Technology*, 43(24), 9407–9412. <https://doi.org/10.1021/es9019035>
- Wang, Y. C., Lv, Y. H., Wang, C., Jiang, G. Y., Han, M. F., Deng, J. G., & Hsi, H. C. (2023). Microbial community evolution and functional trade-offs of biofilm in odor treatment biofilters. *Water Research*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119917>
- Wang, Y.-C., Han, M.-F., Jia, T.-P., Hu, X.-R., Zhu, H.-Q., Tong, Z., Lin, Y.-T., Wang, C., Liu, D.-Z., Peng, Y.-Z., Wang, G., Meng, J., Zhai, Z.-X., Zhang, Y., Deng, J.-G., & Hsi, H.-C. (2021). Emissions, measurement, and control of odor in livestock farms: A review. *Science of The Total Environment*, 776, 145735. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145735>
- Wojnarowska, M., Plichta, G., Sagan, A., Plichta, J., Stobiecka, J., & Sołtysik, M. (2020). Odour nuisance and urban residents' quality of life: A case study in Kraków's in Plaszow district. *Urban Climate*, 34, 100704. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100704>
- Yang, H., Li, D., Zeng, H., & Zhang, J. (2019). Impact of Mn and ammonia on nitrogen conversion in biofilter coupling nitrification and ANAMMOX that

- simultaneously removes Fe, Mn and ammonia. *Science of the Total Environment*, 648, 955–961. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.223>
- Yenigün, O., & Demirel, B. (2013). Ammonia inhibition in anaerobic digestion: A review. *Process Biochemistry*, 48(5–6), 901–911. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.04.012>
- Zeng, J., Shen, X., Sun, X., Liu, N., Han, L., & Huang, G. (2018). Spatial and temporal distribution of pore gas concentrations during mainstream large-scale trough composting in China. *Waste Management*, 75, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.044>
- Zhang, B., Ma, Z., Zhang, Y., Wang, L., Yan, J., Ling, S., & Fang, X. (2024). Odor control technologies for municipal solid waste mechanical biological treatment plant: a review. In *Clean Technologies and Environmental Policy*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02952-6>
- Zhang, H., Ma, L., Li, Y., Yan, S., Tong, Z., Qiu, Y., Zhang, X., Yong, X., Luo, L., Wong, J. W. C., & Zhou, J. (2024). Control of nitrogen and odor emissions during chicken manure composting with a carbon-based microbial inoculant and a biotrickling filter. *Journal of Environmental Management*, 357, 120636. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2024.120636>
- Zhang, S., You, J., Kennes, C., Cheng, Z., Ye, J., Chen, D., Chen, J., & Wang, L. (2018). Current advances of VOCs degradation by bioelectrochemical systems: A review. *Chemical Engineering Journal*, 334, 2625–2637. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.11.014>