

PERANCANGAN BIOFILTER SEBAGAI UNIT PASCA- PENGOLAHAN UNTUK PENGENDALIAN EMISI PENYANGRAIAN BIJI KOPI

LILI MEILIA SAFITRI



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Perancangan Biofilter sebagai Unit Pasca-Pengolahan untuk Pengendalian Emisi Asap Penyangraian Biji Kopi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Lili Meilia Safitri
F3401221113



ABSTRAK

LILI MEILIA SAFITRI. Perancangan Biofilter sebagai Unit Pasca-Pengolahan untuk Pengendalian Emisi Asap Penyangraian Biji Kopi. Dibimbing oleh MEIKA SYAHBANA RUSLI dan MUHAMMAD ROMLI.

Emisi asap penyangraian biji kopi mengandung *volatile organic compounds* (VOC), karbon monoksida (CO), dan senyawa penyebab bau yang berpotensi menurunkan kualitas udara. Penggunaan *wet scrubber* sebagai unit praperlakuan mampu menurunkan suhu gas dan menyisihkan sebagian polutan, namun belum efektif menghilangkan senyawa gas secara optimal sehingga diperlukan unit pengolahan lanjutan (*polishing unit*). Proyek ini bertujuan merancang biofilter sebagai unit pasca-pengolahan untuk penyisihan VOC dan senyawa penyebab bau pada emisi penyangraian biji kopi, merealisasikan hasil perancangan dalam bentuk prototipe skala laboratorium, serta mengevaluasi kinerja awal biofilter berdasarkan penurunan konsentrasi VOC dan CO. Biofilter dirancang secara teoritis untuk mesin penyangrai berkapasitas 5 kg/batch dengan debit gas 200 m³/jam, menghasilkan spesifikasi reaktor berukuran 1,43 m × 1,43 m × 2,00 m, volume media 2,0361 m³, dan *Empty Bed Residence Time* (EBRT) 37,02 detik menggunakan media hibrida sekam bakar, serbuk gergaji, kompos (5:3:2), dan batu apung sebagai lapisan penyangga. Validasi konsep dilakukan menggunakan prototipe skala laboratorium (drum HDPE 150 L; EBRT 7,15 detik) pada beban penyangraian 500 g dan 1.250 g. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biofilter mampu menurunkan konsentrasi VOC dari 0,65 ± 0,03 ppm menjadi 0,29 ± 0,04 ppm (efisiensi 55,38%) pada beban 500 g, dan dari 2,19 ± 0,01 ppm menjadi 0,38 ± 0,02 ppm (efisiensi 82,65%) pada beban 1.250 g. Efisiensi penyisihan CO masing-masing mencapai 62,24% dan 92,60%. Hasil ini mengonfirmasi bahwa konfigurasi media hibrida dan strategi inokulasi *activated sludge* + EM4 layak secara teknis sebagai *proof of concept* unit pasca-pengolahan. Meskipun demikian, kinerja pada kapasitas desain 5 kg/batch belum dapat diklaim tercapai dan memerlukan validasi lebih lanjut pada skala penuh dengan pengukuran parameter kinetik biologis dan neraca massa yang komprehensif.

Kata kunci: biofilter, emisi penyangraian kopi, karbon monoksida, *proof of concept*, *volatile organic compounds*, *wet scrubber*.

ABSTRACT

LILI MEILIA SAFITRI. Design of a Biofilter as a Post-Treatment Unit for the Control of Coffee Bean Roasting Emissions. Supervised by MEIKA SYAHBANA RUSLI and MUHAMMAD ROMLI.

Coffee bean roasting exhaust emissions contain volatile organic compounds (VOCs), carbon monoxide (CO), and odor-causing compounds that may contribute to air pollution. Although a wet scrubber can reduce exhaust gas temperature and remove part of the pollutants, it is generally insufficient for eliminating gaseous contaminants effectively, making an additional polishing unit necessary. This project aimed to design a biofilter as a post-treatment unit for removing VOCs and odor-causing compounds from coffee roasting emissions, develop a laboratory-scale prototype based on the proposed design, and evaluate its preliminary performance through the reduction of VOC and CO concentrations. The biofilter was theoretically designed for a coffee roaster with a capacity of 5 kg per batch and a gas flow rate of 200 m³/h, resulting in a reactor measuring 1.43 m × 1.43 m × 2.00 m with a media volume of 2.0361 m³, an Empty Bed Residence Time (EBRT) of 37.02 s, a True Bed Residence Time (TBRT) of 14.07 s, and a Surface Loading Rate (SLR) of 98.22 m³/m²·h. The biofilter medium consisted of rice husk charcoal, sawdust, and compost mixed at a volumetric ratio of 5:3:2, supported by a pumice stone layer. The design was verified through the fabrication of a laboratory-scale prototype using a 150 L HDPE drum while maintaining the proposed flow configuration and operating principles. Performance evaluation was conducted at roasting capacities of 500 g and 1,250 g using wet scrubber outlet gas as the biofilter inlet. At the 500 g capacity, the biofilter reduced VOC concentration from 0.65 ± 0.03 ppm to 0.29 ± 0.04 ppm with a removal efficiency of 55.38%, while CO concentration decreased from 9.80 ± 0.50 ppm to 3.70 ± 0.40 ppm with a removal efficiency of 62.24%. At the 1,250 g capacity, removal efficiencies increased to 82.65% for VOC and 92.60% for CO. These results confirm that the hybrid media configuration and activated sludge + EM4 inoculation strategy are technically feasible as a proof of concept for a post-treatment unit. However, performance at the full 5 kg/batch design capacity has not yet been validated and requires further testing with comprehensive biological kinetic measurements and mass balance analysis before implementation.

Keywords: biofilter, carbon monoxide, coffee roasting emissions, proof of concept, volatile organic compounds, wet scrubber.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERANCANGAN BIOFILTER SEBAGAI UNIT PASCA- PENGOLAHAN UNTUK PENGENDALIAN EMISI PENYANGRAIAN BIJI KOPI

LILI MEILIA SAFITRI

Tugas Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tugas Akhir :
1 Dr. Andes Ismayana, S.T.P., M.T.
2 Prof. Dr. Ir. Erliza Noor



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



Judul Tugas Akhir : Perancangan Biofilter sebagai Unit Pasca-Pengolahan
untuk Pengendalian Emisi Asap Penyangraian Biji Kopi
Nama : Lili Meilia Safitri
NIM : F3401221113

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Muhammad Romli, MSc.St



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Ono Suparno, S.TP., M.T., IPM.
NIP. 197212031997021001



Tanggal Ujian:
29 Juli 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Biofilter sebagai Unit Pasca-Pengolahan untuk Penyisihan VOC dan Bau pada Emisi Asap Penyangraian Biji Kopi”. Proyek yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2026 sampai bulan Juli 2026 ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana di Program Studi Sarjana Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknik dan Teknologi, IPB.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan proyek desain agroindustri ini, yaitu:

1. Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, dan motivasi selama pelaksanaan Proyek Desain Utama Agroindustri serta penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Ir. Muhammad Romli, M.Sc.St. selaku dosen pembimbing kedua sekaligus PIC proyek yang telah memberikan bimbingan, saran, masukan, serta kesempatan kepada penulis untuk terlibat dalam pelaksanaan Proyek Desain Utama Agroindustri ini.
3. Kedua orang tua tercinta, Lino Hugun Saputra dan Lisa Nur Azizah selaku kakak, serta seluruh keluarga atas doa, kasih sayang, dukungan, motivasi, dan pengorbanan yang tiada henti kepada penulis.
4. Seluruh dosen, Tenaga Pendidik (Tendik), staf Tata Usaha (TU), dan Unit Pelaksana Teknis (UPT) Departemen Teknologi Industri Pertanian atas ilmu, bantuan, dan pelayanan yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
5. Seluruh laboran dan teknisi laboratorium yang telah membantu penulis selama pelaksanaan Proyek Desain Utama Agroindustri.
6. Mitra Proyek Desain Utama Agroindustri yang telah memberikan izin, fasilitas, serta dukungan selama pelaksanaan proyek.
7. Teman-teman satu tim Produta, Ghinaa dan Anisa yang telah kebersamaan dalam setiap momen menyelesaikan proyek ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknologi Industri Pertanian (TIN) Angkatan 59 “Tinit 59” atas kebersamaan, dukungan, dan semangat selama masa perkuliahan maupun penyusunan tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, doa, dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Lili Meilia Safitri



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	5
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Emisi Gas dan Bau Penyangraian Kopi	6
2.2 Prinsip Dasar Biofiltrasi	7
2.3 Parameter Desain Biofiltrasi	7
2.4 Media Biofiltrasi	9
2.5 Mikroorganisme Pendegradasi Biofiltrasi	10
METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Tahapan Desain Keteknikan	12
3.4 Prosedur Kerja	21
3.5 Analisis Data	22
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Prinsip Dasar dan Mekanisme Biofiltrasi	23
4.2 Karakteristik Gas Inlet Pasca-Wet Scrubber	24
4.3 Perancangan Biofiltrasi untuk Kapasitas 5kg/batch	26
4.4 Pemilihan Media Biofiltrasi	32
4.5 Hasil Fabrikasi Prototipe	34
4.6 Perbandingan Desain Teoritis vs. Prototipe	35
4.7 Mekanisme Degradasi dan Validasi Kecepatan Reaksi Biologis	37
4.8 Pengujian Kinerja Prototipe	38
4.9 Evaluasi Kinerja dan Kelayakan Implementasi	42
SIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Simpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Aspek Pembatas Desain Biofilter	16
2	Karakteristik Gas Inlet Biofilter setelah Wet Scrubber	25
3	Penentuan Parameter Desain Biofiltrasi	27
4	Hasil Perhitungan Dimensi Reaktor Biofiltrasi	30
5	Perbandingan hasil perancangan dan prototipe	36
6	Hasil Pengukuran Konsentrasi VOC Sebelum dan Sesudah Biofilter	39
7	Hasil Pengukuran Konsentrasi CO Sebelum dan Sesudah Biofilter	41

DAFTAR GAMBAR

1	Tahapan desain keteknikan	13
2	Prototipe biofilter (a), Penyusunan media biofilter (b)	34
3	Profil penurunan konsentrasi VOC pada kapasitas (a) 500g dan (b) 1250g	39
4	Profil penurunan konsentrasi CO pada kapasitas (a) 500g dan (b) 1250 g	41

DAFTAR LAMPIRAN

1	Sertifikat Kalibrasi Alat	51
2	Perhitungan Rancangan Biofiltrasi	52
3	Perhitungan Prototipe Biofiltrasi (sesuai alat yang ada)	55