

PERANCANGAN DAN EVALUASI SISTEM TERINTEGRASI WET SCRUBBER DAN BIOFILTER UNTUK PENGENDALIAN EMISI ASAP PENYANGRAIAN BIJI KOPI

GHINAA NASUHA



**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 dan Evaluasi Sistem Terintegrasi *Wet Scrubber* dan Biofilter 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

Ghinaa Nasuha
F3401221088

- 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.

ABSTRAK

GHINAA NASUHA. Perancangan dan Evaluasi Sistem Terintegrasi *Wet Scrubber* dan Biofilter untuk Pengendalian Emisi Asap Penyangraian Biji Kopi. Dibimbing oleh MUHAMMAD ROMLI

Proses penyangraian kopi menghasilkan emisi karbon monoksida (CO), senyawa organik volatil (VOC), partikulat, aerosol minyak, dan senyawa penyebab bau. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik emisi, merancang sistem pengendalian terintegrasi, mengevaluasi kinerjanya, dan menyusun skema pengelolaan limbah sekunder. Sistem terdiri atas *cyclone*, *venturi self-induced wet scrubber*, dan biofilter. Pengujian dilakukan pada kapasitas penyangraian 500 dan 1.250 g dengan pengukuran CO dan VOC pada outlet *cyclone*, *scrubber*, dan biofilter menggunakan multigas *detector* dengan *photoionization detector*. Konsentrasi emisi cenderung meningkat pada tahap akhir penyangraian dan lebih tinggi pada kapasitas 1.250 g. *Wet scrubber* menurunkan suhu gas dari sekitar 150–200°C menjadi 31–34°C. Pada kapasitas 500 dan 1.250 g, efisiensi *wet scrubber* masing-masing mencapai 90% dan 79% untuk CO serta 92% dan 76% untuk VOC. Efisiensi keseluruhan sistem mencapai 96% untuk CO dan VOC. Limbah cair dirancang diolah melalui sedimentasi dan *rotary drum filter* agar sebagian air dapat disirkulasikan kembali. Sistem berpotensi diterapkan sebagai teknologi pengendalian emisi nontermal pada industri penyangraian kopi skala kecil, meskipun masih memerlukan validasi berdasarkan laju massa polutan dan pengujian pada kapasitas penuh.

Kata kunci : biofilter, emisi penyangraian kopi, karbon monoksida, senyawa organik volatil, *wet scrubber*



ABSTRACT

GHINAA NASUHA. Design and Evaluation of an Integrated Wet Scrubber and Biofilter System for Controlling Emissions from Coffee Bean Roasting. Supervised by MUHAMMAD ROMLI.

Coffee roasting generates carbon monoxide (CO), volatile organic compounds (VOCs), particulate matter, oil aerosols, and odor-causing compounds. This study aimed to characterize roasting emissions, design an integrated emission-control system, evaluate its performance, and develop a secondary-waste management scheme. The system consisted of a cyclone, a self-induced Venturi wet scrubber, and a biofilter. Tests were conducted at roasting loads of 500 and 1,250 g, with CO and VOC concentrations measured at the cyclone, scrubber, and biofilter outlets using a multigas detector equipped with a photoionization detector. Emissions generally increased during the final roasting stage and were higher at the 1,250 g load. The wet scrubber reduced gas temperature from approximately 150–200°C to 31–34°C. At loads of 500 and 1,250 g, scrubber efficiencies reached 90% and 79% for CO and 92% and 76% for VOCs, respectively. Overall system efficiencies were 96% for CO and VOCs. Wastewater was designed to undergo sedimentation and rotary drum filtration to enable partial water recirculation. The system shows potential as a non-thermal emission-control technology for small-scale coffee roasting, although validation based on pollutant mass flow and full-capacity testing is still required.

Keywords: biofilter, carbon monoxide, coffee-roasting emissions, volatile organic compounds, wet scrubber



@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.

© 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.

PERANCANGAN DAN EVALUASI SISTEM TERINTEGRASI WET SCRUBBER DAN BIOFILTER UNTUK PENGENDALIAN EMISI ASAP PENYANGRAIAN BIJI KOPI

GHINAA NASUHA

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

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.



Judul Tugas Akhir : Perancangan dan Evaluasi Sistem Terintegrasi *Wet Scrubber* dan Biofilter untuk Pengendalian Emisi Asap
Penyangraian Biji Kopi
Nama : Ghinaa Nasuha
NIM : F3401221088

Disetujui oleh

Pembimbing :
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 proyek desain utama agroindustri yang berjudul “Perancangan dan Evaluasi Sistem Terintegrasi *Wet Scrubber* dan Biofilter untuk Pengendalian 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 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. Keluarga dan kerabat dekat, khususnya Ibu Nurbudiani dan Ayah Arief Setiawan atas doa dan dukungannya sehingga laporan ini dapat diselesaikan.
2. Prof. Dr. Ir. Muhammad Romli, MSc.St selaku dosen pembimbing dan dosen PIC. Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr. selaku dosen pembimbing kedua, yang telah membimbing dan memberikan saran selama proses proyek desain utama agroindustri ini.
3. Seluruh Dosen, Tenaga Pendidik (Tendik), staf Tata Usaha (TU) dan Unit Pelaksana Teknis (UPT) di Program Studi Teknik Industri Pertanian
4. Rekan-rekan mahasiswa di Departemen Teknologi Industri Pertanian (TIN) Angkatan 59.
5. Teman-teman satu tim, Anisa dan Lili yang telah kebersamai dalam setiap momen menyelesaikan proyek ini.
6. Teman-teman terdekat, yaitu kawan PKJ, Tabina, Alysha, Kezzia, Jihan, dan Afiqah atas segala obrolan ringan dan energi positif yang selalu diberikan. Kehadiran kalian membuat masa-masa perkuliahan ini terasa jauh lebih ringan dan menyenangkan

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

Bogor, Juli 2026

Ghinaa Nasuha



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Proses Penyangraian Kopi	5
2.2 Emisi Asap Penyangraian Kopi	6
2.3 <i>Wet Scrubber</i>	7
2.4 Biofilter	8
2.5 Limbah Sekunder	9
2.6 <i>Rotary Drum Filter</i>	10
III METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Tahapan Desain Keteknikan	12
3.4 Instrumen Pengujian	17
3.5 Evaluasi Kinerja	18
3.6 Analisis Data	19
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Karakteristik Emisi Penyangraian Biji Kopi	20
4.2 Integrasi Sistem Pendendalian Emisi	24
4.3 Rancangan Sistem Pendukung Pengendalian Emisi	27
4.4 Evaluasi Kinerja Sistem Pengendalian Emisi	29
4.5 Rekomendasi Pengembangan dan Validasi Rancangan Selanjutnya	43
V SIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Simpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	52