



RANCANG BANGUN KOMBINASI *SCRUBBER* DAN INSINERATOR SAMPAH UNTUK MEREDUKSI KEPEKATAN ASAP SISA PEMBAKARAN

RAFI SALMAN MUFADHAL SANTOSO



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



@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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Kombinasi *Scrubber* dan Insinerator Sampah untuk Mereduksi Kepekatan Asap Sisa Pembakaran” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juli 2026

Rafi Salman Mufadhal Santoso
F4401221052



@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

RAFI SALMAN MUFADHAL SANTOSO. Rancang Bangun Kombinasi *Scrubber* dan Insinerator Sampah untuk Mereduksi Kepekatan Asap Sisa Pembakaran Dibimbing oleh ARIEF SABDO YUWONO.

Pengelolaan sampah di Indonesia masih sangat bergantung pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang kapasitasnya terus berkurang akibat kelebihan beban (*overload*). Insinerasi sampah merupakan salah satu teknologi termal yang mampu mereduksi volume sampah secara signifikan, namun menghasilkan asap dan partikulat yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain teknis sistem kombinasi insinerator-*scrubber* berbasis *natural draft*, melakukan uji kinerja untuk menganalisis efektivitas pembakaran, serta mengevaluasi tingkat efisiensi reduksi opasitas asap. Alat ini dirancang agar dapat beroperasi tanpa menggunakan energi listrik dengan tiga ruang utama: ruang abu, ruang pembakaran, dan ruang *scrubber*. Ruang pembakaran dilengkapi *grate* 20° bercelah 8 mm guna mengoptimalkan distribusi udara. Ruang *scrubber* menggunakan sistem *double-layer*, lapisan pertama berlubang diameter 5 mm berjarak 2,5 cm dan lapisan kedua berlubang diameter 3 mm berjarak 3 cm secara diagonal. Pengujian dilakukan terhadap sampel sampah rumah tangga selama 900 detik dengan cara mengukur suhu ruang bakar dan opasitas asap. Hasil uji kinerja menunjukkan bahwa suhu puncak pembakaran mencapai 522°C dengan tingkat efisiensi reduksi massa sebesar 75,24%. Opasitas asap rata-rata tanpa *scrubber* sebesar 33,25% berhasil direduksi menjadi 11,08% dengan *scrubber*, menghasilkan efisiensi reduksi opasitas rata-rata sebesar 67%.

Kata kunci: Insinerator, *natural draft*, opasitas asap, pengolahan sampah, *scrubber*

ABSTRACT

RAFI SALMAN MUFADHAL SANTOSO. Design and Build of a Combined Scrubber and Waste Incinerator to Reduce Combustion Smoke Opacity. Supervised by ARIEF SABDO YUWONO.

Waste management in Indonesia remains heavily dependent on landfills whose capacities are continuously depleting due to overloading. While waste incineration significantly reduces waste volume, it generates smoke hazardous to health and the environment. To address this, this study aims to design a natural draft-based combined incinerator-scrubber system, conduct performance tests, and evaluate smoke opacity reduction efficiency. Designed to operate without electrical energy, the device features three main chambers: ash, combustion, and scrubber. The combustion chamber is equipped with a 20° grate with 8 mm gaps, while the scrubber utilizes a double-layer system with diagonally arranged perforations of 5 mm and 3 mm. Testing on household waste for 900 seconds revealed a peak combustion temperature of 522°C and a mass reduction efficiency of 75,24%. The average smoke opacity was successfully reduced from 33,25% without the scrubber to 11,08% with it, average opacity reduction efficiency of 67%.

Keywords: Incinerator, natural draft, scrubber, smoke opacity, waste management



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 2026
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.



RANCANG BANGUN KOMBINASI *SCRUBBER* DAN INSINERATOR SAMPAH UNTUK MEREDUKSI KEPEKATAN ASAP SISA PEMBAKARAN

RAFI SALMAN MUFADHAL SANTOSO

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
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 Skripsi:

- 1 Jihan Nur Azizah, S.T., M.T.
- 2 Sutoyo, S.TP., M.Si.



Judul Skripsi : Rancang Bangun Kombinasi *Scrubber* dan Insinerator Sampah
untuk Mereduksi Kepekatan Asap Sisa Pembakaran

Nama : Rafi Salman Mufadhal Santoso
NIM : F4401221052

Disetujui oleh

Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Arief Sabdo Yuwono, M.Sc.
NIP. 19660321 199003 1 012



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan:
Ir. Tri Sudiby, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIP. 19840530 201404 1 001



Tanggal Ujian:
25 Juni 2026

Tanggal Lulus: 06 JUL 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2026 sampai bulan Mei 2026 ini ialah pengendalian emisi, dengan judul “Rancang Bangun Kombinasi *Scrubber* dan Insinerator Sampah untuk Mereduksi Kepekatan Asap Sisa Pembakaran”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak yang telah berperan dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi ini, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Arief Sabdo Yuwono, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing serta memberikan masukan dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Ir. Tri Sudiby, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah membantu dalam memberikan arahan serta saran dalam penyusunan skripsi.
3. Ibu Jihan Nur Azizah, S.T., M.T. dan Bapak Sutoyo, S.TP., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dalam penyempurnaan skripsi.
4. Bapak Prihandono, Ibu Irna Ristiani, Daffa, Ghani, Alaric dan seluruh keluarga besar atas dukungan dan doa yang senantiasa diberikan.
5. Rekan-rekan satu bimbingan Maesa, Vatica, Antoni, Nascit, Imel, Ivi, Saddam atas bantuan dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Keluarga besar Rumah Kepemimpinan Regional Bogor yang telah kebersamai selama perkuliahan dan memberikan dukungan.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan angkatan 59 (SIL 59) yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

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

Bogor, Juli 2026

Rafi Salman Mufadhal Santoso

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pengolahan Sampah Dengan Metode Insinerasi	3
2.2 Emisi Gas Buang Hasil Insinerasi	3
2.3 Sistem Pengendalian Emisi Gas Buang	3
III METODE	4
3.1 Waktu dan Tempat	4
3.2 Alat dan Bahan	4
3.3 Prosedur Penelitian	4
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	7
4.1 Rancang Bangun Kombinasi Insinerator- <i>Scrubber</i>	7
4.2 Karakteristik Aliran Gas Buang dan <i>Natural Draft</i>	9
4.3 Evaluasi Kinerja Pembakaran	9
4.4 Reduksi Opasitas Asap Sisa Pembakaran	10
V SIMPULAN DAN SARAN	13
5.1 Simpulan	13
5.2 Saran	13
DAFTAR PUSTAKA	14
LAMPIRAN	18
RIWAYAT HIDUP	25

DAFTAR TABEL

1	Spesifikasi teknis kombinasi insinerator- <i>scrubber</i>	8
2	Evaluasi kinerja pembakaran	9
3	Efisiensi reduksi opasitas asap	11

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	6
2	Desain kombinasi insinerator- <i>scrubber</i>	7
3	Hasil rancang bangun kombinasi insinerator- <i>scrubber</i>	8
4	Profil suhu ruang bakar dan suhu udara luar	9
5	Residu hasil pembakaran	10
6	Perbandingan opasitas asap tanpa dan dengan scrubber terhadap waktu pembakaran	11

DAFTAR LAMPIRAN

1	Desain dan Simulasi Prototipe	18
2	Data Hasil Pengujian Kinerja Alat	20
3	Perhitungan teknis hidrodinamika dan efisiensi reduksi	22
4	Dokumentasi	24

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.