

PEMODELAN DISPERSI GAUSSIAN SULFUR DIOKSIDA DAN NITROGEN DIOKSIDA DARI CEROBONG *KILN* *STACK* INDUSTRI SEMEN ACEH

FARAH FADHILLA



**TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
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.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Pemodelan Dispersi Gaussian Sulfur Dioksida dan Nitrogen Dioksida dari Cerobong *Kiln Stack* Industri Semen Aceh” 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 laporan akhir ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Farah Fadhilla
J0413221180

ABSTRAK

FARAH FADHILLA. Pemodelan Dispersi Gaussian Sulfur Dioksida dan Nitrogen Dioksida dari Cerobong *Kiln Stack* Industri Semen Aceh. Dibimbing oleh MIESRIANY HIDIYA

Pembakaran batubara pada unit *kiln* industri semen menghasilkan emisi sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) yang dilepaskan melalui cerobong *kiln stack*. Penelitian ini bertujuan menghitung laju emisi menggunakan neraca massa berdasarkan analisis *ultimate* dan *proximate* batubara, memodelkan sebaran konsentrasi dengan AERMOD, serta membandingkannya dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional (PP No. 22 Tahun 2021). Laju emisi SO₂ dan NO₂ masing-masing sebesar 44,68 g/s dan 182,57 g/s. Konsentrasi maksimum SO₂ mencapai 1.659,04 µg/m³ (1 jam), 272,03 µg/m³ (24 jam), dan 4,08 µg/m³ (tahunan), sedangkan NO₂ mencapai 6.536,37 µg/m³, 1.117,50 µg/m³, dan 19,82 µg/m³. Kedua polutan melebihi baku mutu untuk periode 1 jam dan 24 jam di sekitar sumber emisi, tetapi masih memenuhi baku mutu tahunan. Nilai *fractional bias* sebesar 0,36 (SO₂) dan -1,67 (NO₂), sedangkan konsentrasi partikulat (TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5}) dari data ambien memenuhi baku mutu. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan bahan bakar alternatif dari limbah B3 dan penambahan titik pemantauan kualitas udara pada lokasi berkonsentrasi maksimum.

Kata kunci: AERMOD, *kiln stack*, neraca massa, NO₂, SO₂

ABSTRACT

FARAH FADHILLA. Modeling the Gaussian Dispersion of Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide from the Kiln Stack at the Aceh Cement Plant. Supervised by MIESRIANY HIDIYA

Coal combustion in the cement kiln produces sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen dioxide (NO₂) emissions released through the kiln stack. This study estimated emission rates using a mass balance based on the coal's ultimate and proximate analyses, simulated pollutant dispersion with AERMOD, and compared the results with the Indonesian National Ambient Air Quality Standard (Government Regulation No. 22 of 2021). Estimated SO₂ and NO₂ emission rates were 44.68 g/s and 182.57 g/s, respectively. Maximum SO₂ concentrations reached 1,659.04 µg/m³ (1-hour), 272.03 µg/m³ (24-hour), and 4.08 µg/m³ (annual), while NO₂ reached 6,536.37 µg/m³, 1,117.50 µg/m³, and 19.82 µg/m³. Both pollutants exceeded the 1-hour and 24-hour standards near the emission source but complied with the annual standard. Fractional bias values were 0.36 for SO₂ and -1.67 for NO₂. Ambient particulate concentrations (TSP, PM₁₀, and PM_{2,5}) complied with the standard. The study recommends increasing the use of alternative fuels derived from hazardous waste (B3) and adding air quality monitoring points at locations with maximum pollutant concentrations.

Keywords: AERMOD, kiln stack, mass balance, NO₂, SO₂



@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.

© 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.

PEMODELAN DISPERSI GAUSSIAN SULFUR DIOKSIDA DAN NITROGEN DIOKSIDA DARI CEROBONG *KILN* STACK INDUSTRI SEMEN ACEH

FARAH FADHILLA

Laporan Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan

**TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
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.

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Dr. Yudith Vega Paramitadevi, S.T., M.Si.



Judul Laporan Akhir : **Pemodelan Dispersi Gaussian Sulfur Dioksida dan Nitrogen Dioksida dari Cerobong *Kiln Stack* Industri Semen Aceh**
Nama : **Farah Fadhillah**
NIM : **J0413221180**

Nama
NIM

Disetujui oleh

Pembimbing:
Miesriany Hidiya S.T.P., M.Si

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Beata Ratnawati, S.T., M.Si.
NPI. 201811198806252001

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NPI 19960717992031003



Tanggal Ujian:
22 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga laporan proyek akhir berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2025-Juni 2026 yakni “Pemodelan Dispersi Gaussian Sulfur Dioksida dan Nitrogen Dioksida dari Cerobong *Kiln Stack* Industri Semen Aceh”.

Penyusunan laporan proyek akhir tidak akan dapat terlaksana dengan baik tanpa kontribusi, dukungan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Maka dari itu, diucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ibu Miesriany Hidiya, S.T.P., M.Si., selaku pembimbing akademik dan pembimbing laporan proyek akhir yang telah memberikan berbagai bimbingan, arahan, saran, motivasi, dan juga dukungan yang tiada hentinya.
2. Dr. Ir. Beata Ratnawati, S.T., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan yang senantiasa memberikan dukungan dan apresiasi terhadap pelaksanaan laporan proyek akhir.
3. Seluruh dosen pengajar, khususnya di program studi Teknik dan Manajemen Lingkungan, atas dedikasi dan ilmu pengetahuan yang telah diberikan selama delapan semester perkuliahan.
4. Ibu Listiawati, S.T., selaku pembimbing lapang, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama pelaksanaan magang lingkungan, memberikan kesempatan untuk melaksanakan magang sekaligus melakukan penelitian di perusahaan, serta membantu dalam memperoleh akses terhadap berbagai data yang diperlukan.
5. Papa Fadhil dan Mama Sara, atas cinta, kasih sayang, doa yang tiada henti, dukungan moral maupun material, perhatian, motivasi, kepercayaan, serta setiap pengorbanan yang telah diberikan. Terima kasih karena selalu menjadi kekuatan terbesar dalam setiap langkah penulis, terutama pada saat-saat sulit selama menempuh pendidikan hingga akhirnya laporan proyek akhir ini dapat diselesaikan.
6. Seluruh keluarga besar Teknik dan Manajemen Lingkungan angkatan 59 yang telah memberikan banyak kenangan dan kebersamaan selama masa perkuliahan.

Disadari bahwa laporan akhir masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan akhir ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Farah Fadhillah

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	
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	
2.1 Pencemaran Udara	4
2.2 Industri Semen sebagai Sumber Emisi Udara	4
2.3 Karakteristik Cerobong <i>Kiln Stack</i>	5
2.4 Sulfur Dioksida (SO ₂)	6
2.5 Nitrogen Dioksida (NO ₂)	7
2.6 Partikulat	8
2.7 Proses Dispersi Polutan di Atmosfer	9
2.8 Model Dispersi Gaussian	10
2.9 AERMOD	11
III METODE	
3.1 Lokasi dan Waktu	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Kerja	12
3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Neraca Massa Pembakaran Batubara dan Laju Emisi	19
4.2 Karakteristik Topografi dan Meteorologi	22
4.3 Pola Sebaran dan Konsentrasi Maksimum SO ₂ di Udara Ambien	24
4.4 Pola Sebaran dan Konsentrasi Maksimum NO ₂ di Udara Ambien	33
4.5 Analisis Kualitas Udara Ambien Berdasarkan Parameter Partikulat	40
V SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48
RIWAYAT HIDUP	53

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	Data sekunder yang dikumpulkan	13
2	Format data meteorologi <i>input AERMET View</i>	16
3	Hasil analisis <i>ultimate</i> dan <i>proximate</i> batubara industri semen Aceh	19
4	Neraca massa proses pembakaran <i>kiln</i>	21
5	Laju emisi pencemar udara dari pembakaran batubara unit <i>kiln</i>	22
6	Konsentrasi model SO ₂ tahun 2015-2025 periode 1 jam	25
7	Konsentrasi model SO ₂ tahun 2015-2025 periode 24 jam	27
8	Konsentrasi model SO ₂ tahun 2015-2025 periode tahunan	29
9	Hasil validasi model SO ₂ menggunakan <i>fractional bias</i>	31
10	Konsentrasi NO ₂ tahun 2015-2025 periode 1 jam	33
11	Konsentrasi model NO ₂ tahun 2015-2025 periode 24 jam	35
12	Konsentrasi model NO ₂ tahun 2015-2025 periode tahunan	37
13	Hasil validasi model NO ₂ menggunakan <i>fractional bias</i>	39
14	Hasil pengujian konsentrasi partikulat pada udara ambien	41

DAFTAR GAMBAR

1	Skema dispersi gaussian	10
2	Diagram alir penelitian	12
3	Diagram alir proses pembakaran <i>kiln</i>	14
4	Topografi wilayah kajian	23
5	<i>Windrose</i> periode 10 tahun	24
6	Pemodelan dispersi SO ₂ periode 1 jam	26
7	Grafik <i>cross section</i> SO ₂ periode 1 jam	27
8	Pemodelan dispersi SO ₂ periode 24 jam	28
9	Grafik <i>cross section</i> SO ₂ periode 24 jam	29
10	Pemodelan dispersi SO ₂ periode 1 tahun	30
11	Grafik <i>cross section</i> SO ₂ periode 1 tahun	30
12	Pola dispersi SO ₂ bulan Agustus 2025	32
13	Pemodelan dispersi NO ₂ periode 1 jam	34
14	Grafik <i>cross section</i> NO ₂ periode 1 jam	35
15	Pemodelan dispersi NO ₂ periode 24 jam	36
16	Grafik <i>cross section</i> NO ₂ periode 24 jam	37
17	Pemodelan dispersi NO ₂ periode 1 tahun	38
18	Grafik <i>cross section</i> NO ₂ periode 1 tahun	38
19	Pola dispersi NO ₂ bulan Agustus 2025	40

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data Hasil Uji <i>Ultimate</i> Batubara	49
2	Data Hasil Uji <i>Proximate</i> Batubara	50
3	Perhitungan Neraca Massa dan Laju Emisi Cerobong <i>Kiln Stack</i>	51