

- 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.

DISPERSI PARTIKULAT DAN SO₂ DARI EMISI GAS BUANG INDUSTRI PT TIMAH Tbk DAN RISIKO GANGGUAN KESEHATAN YANG DITIMBULKAN

GARDA ARIA MUHAMMAD



**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Dispersi Partikulat dan SO₂ dari Emisi Gas Buang Industri PT TIMAH Tbk dan Risiko Gangguan Kesehatan yang Ditimbulkan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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 dibagian akhir tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Garda Aria Muhammad
P0502222063



RINGKASAN

GARDA ARIA MUHAMMAD. Dispersi Partikulat dan SO₂ dari Emisi Gas Buang Industri PT TIMAH Tbk dan Risiko Gangguan Kesehatan yang Ditimbulkan Dibimbing oleh EFI YULIATI YОВI dan ANA TURYANTI.

Aktivitas pengolahan dan peleburan timah berpotensi menghasilkan emisi partikulat dan sulfur dioksida (SO₂) yang dapat memengaruhi kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi kualitas udara eksisting, pola dan distribusi spasial polutan, serta risiko kesehatan nonkarsinogenik masyarakat di sekitar PT Timah Tbk Divisi Processing and Refinery, Kecamatan Mentok.

Dispersi partikulat tersuspensi total (TSP) dan SO₂ dimodelkan menggunakan AERMOD berdasarkan data sumber emisi, meteorologi, dan topografi. Distribusi spasial dipetakan menggunakan Google Earth Engine. Kondisi kualitas udara dievaluasi berdasarkan data pemantauan periode 2023–2025, sedangkan risiko kesehatan dianalisis menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan melalui perhitungan intake dan Risk Quotient (RQ) terhadap 160 responden.

Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi SO₂ sebesar 0–57,5 µg/m³ dan TSP sebesar 31,2–67,7 µg/m³. Pada musim hujan, polutan cenderung terdispersi ke selatan–tenggara, sedangkan pada musim kemarau menuju barat–barat laut. Konsentrasi maksimum SO₂ pada musim kemarau sebesar 99,87 µg/m³ untuk rata-rata 1 jam, 14,70 µg/m³ untuk 24 jam, dan 2,17 µg/m³ untuk tahunan. Pada musim hujan, konsentrasinya masing-masing sebesar 94,60 µg/m³, 6,75 µg/m³, dan 2,17 µg/m³. Konsentrasi maksimum TSP rata-rata 24 jam sebesar 9,12 µg/m³ pada musim kemarau dan 5,34 µg/m³ pada musim hujan. Seluruh konsentrasi masih memenuhi baku mutu udara ambien nasional.

Nilai RQ TSP berkisar antara 0,0004–0,1682 dengan rata-rata 0,028, sedangkan RQ SO₂ berkisar antara 0,0004–0,2085 dengan rata-rata 0,032. Seluruh responden memiliki RQ kurang dari satu sehingga paparan belum mengindikasikan risiko kesehatan nonkarsinogenik yang tidak dapat diterima. Kelurahan Sungai Baru memiliki nilai RQ rata-rata tertinggi sehingga perlu diprioritaskan dalam pemantauan kualitas udara dan perlindungan kelompok sensitif.

Kata kunci: AERMOD, analisis risiko kesehatan lingkungan, dispersi udara, partikulat, sulfur dioksida (SO₂).

SUMMARY

GARDA ARIA MUHAMMAD. Dispersion of Particulate Matter and SO₂ from PT TIMAH Tbk's Industrial Emissions and Assessment of the Associated Environmental Health Risks. Supervised by EFI YULIATI YОВI and ANA TURYANTI

Tin processing and smelting activities may emit particulate matter and sulfur dioxide (SO₂), potentially affecting air quality and community health. This study aimed to assess the existing air quality, pollutant dispersion and spatial distribution, and non-carcinogenic health risks among communities surrounding the Processing and Refinery Division of PT Timah Tbk in Mentok District.

Total suspended particulate matter (TSP) and SO₂ dispersion was modeled using AERMOD based on emission-source, meteorological, and topographical data. Spatial distributions were mapped using Google Earth Engine. Air quality was evaluated using monitoring data from 2023–2025, while health risks were assessed by calculating intake and Risk Quotient (RQ) values for 160 respondents.

Measured SO₂ concentrations ranged from 0 to 57.5 µg/m³, while TSP concentrations ranged from 31.2 to 67.7 µg/m³. Pollutants were predominantly dispersed toward the south–southeast during the rainy season and west–northwest during the dry season. Maximum SO₂ concentrations during the dry season were 99.87 µg/m³ for the 1-hour average, 14.70 µg/m³ for the 24-hour average, and 2.17 µg/m³ for the annual average. During the rainy season, the corresponding concentrations were 94.60 µg/m³, 6.75 µg/m³, and 2.17 µg/m³. Maximum 24-hour TSP concentrations were 9.12 µg/m³ during the dry season and 5.34 µg/m³ during the rainy season. All concentrations complied with the Indonesian National Ambient Air Quality Standards.

TSP RQ values ranged from 0.0004 to 0.1682, with a mean of 0.028, while SO₂ RQ values ranged from 0.0004 to 0.2085, with a mean of 0.032. All respondents had RQ values below one, indicating no unacceptable non-carcinogenic health risk under the conditions assessed. Sungai Baru Subdistrict had the highest mean RQ values and should therefore be prioritized for air-quality monitoring and the protection of sensitive population groups.

Keywords: AERMOD, air dispersion, Google Earth Engine, particulate matter, sulfur dioxide (SO₂).

DISPERSI PARTIKULAT DAN SO₂ DARI EMISI GAS BUANG INDUSTRI PT TIMAH Tbk DAN RISIKO GANGGUAN KESEHATAN YANG DITIMBULKAN

GARDA ARIA MUHAMMAD

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan
Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMEBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada Ujian Tesis:
Dr. Yudi Chadirin, S.TP, M.Agr



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 Tesis : Dispersi Partikulat dan SO₂ dari Emisi Gas Buang Industri PT
TIMAH Tbk dan Risiko Gangguan Kesehatan yang Ditimbulkan
Nama : Garda Aria Muhammad
NIM : P0502222063

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Efi Yulianti Yovi, S.Hut, M.Life.Env.Sc



Pembimbing 2:
Dr. Ana Turyanti, S.Si, M.T



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Magister
Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Prof. Dr. Efi Yulianti Yovi, S.Hut, M.Life.Env.Sc
NIP. 197407241999032003



Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 196607281991031002



Tanggal Ujian:
07 Agustus 2026

Tanggal Pengesahan Tesis: 12 Agustus 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “Dispersi Partikulat dan SO₂ dari Emisi Gas Buang Industri PT TIMAH Tbk dan Risiko Gangguan Kesehatan yang Ditimbulkan”. Hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, seperti pemerintah dan pengelola kawasan dalam meningkatkan kenyamanan lingkungan melalui hutan kota. Hal tersebut juga diharapkan dapat menjadi sumber acuan untuk kawasan lain yang memiliki kondisi serupa. Tesis ini merupakan salah satu langkah untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, IPB University. Penyusunan tesis ini juga tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya arahan dan bimbingan dari komisi pembimbing dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, lewat kesempatan ini dengan tulus hati penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan studi di Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana
2. Prof. Dr. Efi Yulianti Yovi, S.Hut, M.Life.Env.Sc selaku Ketua Komisi Pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu dan semangat kepada penulis.
3. Dr. Ana Turyanti, S.Si, M.T selaku Anggota Komisi Pembimbing yang senantiasa memberikan banyak ilmu serta semangat kepada penulis.
4. Dr. Yudi Chadirin, S.TP, M.Agr selaku dosen penguji luar komisi, yang telah memberi saran dan masukan untuk penyempurnaan tesis ini
5. Ketua program studi, sekretaris program studi, dosen dan tenaga pendidikan, serta sekretariat PSL yang telah membantu selama penulis menyelesaikan studi di PSL.
6. PT TIMAH Tbk yang telah memberikan izin dalam pengambilan data untuk kepentingan penulis.
7. Istri saya Siti Suilah yang telah memberikan dukungan dan doa serta membantu dalam menyelesaikan tesis ini.
8. Kedua orangtua saya Bapak Hambali dan Ibu Eti Rosmiati untuk doa dan dukungannya kepada penulis.
9. Seluruh teman PSL 2022 yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada saya.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuan moril maupun materiil selama studi dan penulisan tesis ini.

Bogor, Agustus 2026

Garda Aria Muhammad



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Manfaat	5
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Wilayah Kecamatan Mentok	6
2.2 Aktivitas PT TIMAH Tbk	6
2.3 Pencemaran Udara dan Risiko Bagi Kesehatan Manusia	9
2.4 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	12
2.5 Pemodelan AERMODVIEW	13
III METODE	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Jenis dan Sumber Data	17
3.4 Metode Pengambilan Data	18
3.5 Analisis Data	19
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Kualitas Udara Ambien Kecamatan Mentok	23
4.2 Kondisi Meteorologi dan Karakteristik Angin	24
4.3 Dispersi Polutan Luaran Model AERMODVIEW	25
4.4 Perbandingan Konsentrasi polutan berdasarkan hasil pengukuran dan pemodelan AERMOD	34
4.5 Analisis risiko kesehatan lingkungan	39
V SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Simpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR TABEL

1	Demografi penduduk Kecamatan Mentok 2024	6
2	Perbandingan AERMOD, CALPUFF dan CMAQ	14
3	Jenis dan sumber data	17
4	Parameter input AERMOD	21
5	Kondisi historis konsentrasi partikulat (TSP) di Belo Laut dan Teluk Rubia periode 2023–2025	23
6	Lokasi konsentrasi maksimum di setiap parameter	26
7	Analisa konsentrasi SO ₂ pada area penting	31
8	Analisis konsentrasi partikulat pada area penting	33
9	Konsentrasi SO ₂ hasil pemantauan dan pemodelan AERMOD	34
10	Konsentrasi partikulat hasil pemantauan dan pemodelan AERMOD	36
11	Analisis pajanan partikulat dan SO ₂	43
12	Hasil analisis pajanan dan karakterisasi risiko partikulat dan SO ₂	44
13	Rencana manajemen risiko pajanan partikulat dan SO ₂	51

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka berpikir penelitian	4
2	Peta wilayah Kecamatan Mentok	6
3	Lokasi penelitian	16
4	Grid reseptor sebaran polutan	20
5	Kontur Lokasi penelitian	20
6	Mawar angin di lokasi penelitian: (a) musim hujan (b) musim kemarau, dan (c) satu tahun	24
7	Dispersi SO ₂ pada musim kemarau 1 jam (a) 24 jam, dan (b) satu tahun (c)	27
8	Dispersi SO ₂ pada musim hujan 1 jam (a) 24 jam (b) dan 1 tahun (c)	28
9	Grafik isopet dispersi SO ₂ musim kemarau 1 jam (a) 24 jam (b) dan 1 tahun (c)	29
10	Grafik isopet dispersi SO ₂ musim hujan 1 jam (a) 24 jam (b) dan 1 tahun (c)	30
11	Dispersi partikulat rata-rata 24 jam musim kemarau (a) dan grafik isopet dispersi partikulat rata-rata 24 jam musim kemarau	32
12	Dispersi partikulat rata-rata 24 jam musim hujan (a) dan grafik isopet dispersi partikulat rata-rata 24 jam musim hujan	33
13	Paradigma Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan SO ₂ dan Partikulat dari Emisi Industri	40
14	Sebaran nilai Risk Quotient (RQ) partikulat pada lokasi responden di Kecamatan Mentok	46
15	Sebaran nilai Risk Quotient (RQ) SO ₂ pada lokasi responden di Kecamatan Mentok	46