

**ANALISIS PERSEBARAN GAS SO₂
DALAM RUANGAN DI INDUSTRI PUPUK
DAN PESTISIDA MENGGUNAKAN
SENSOR MQ-136 BERBASIS IOT DAN
SIMULASI CFD**

SKRIPSI



Oleh:

ELZA DIANIS NURFARIKHA

NPM 21034010074

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**ANALISIS PERSEBARAN GAS SO₂ DALAM RUANGAN DI
INDUSTRI PUPUK DAN PESTISIDA MENGGUNAKAN
SENSOR MQ-136 BERBASIS IOT DAN SIMULASI CFD**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Program Studi Teknik Lingkungan.**



Diajukan Oleh:

ELZA DIANIS NURFARIKHA

NPM 21034010074

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PERSEBARAN GAS SO_2 DALAM RUANGAN DI INDUSTRI PUPUK DAN PESTISIDA MENGGUNAKAN SENSOR MQ-136 BERBASIS IOT DAN SIMULASI CFD

Disusun Oleh:



ELZA DIANIS NURFARIKHA

NPM 21034010074

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Dr. Orik Hendriyanto C., S.T., M.T.

NIP. 19750717 202121 1 007

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERSEBARAN GAS SO₂ DALAM RUANGAN DI INDUSTRI PUPUK DAN PESTISIDA MENGGUNAKAN SENSOR MQ-136 BERBASIS IOT DAN SIMULASI CFD

Disusun Oleh:



ELZA DIANIS NURFARIKHA

NPM 21034010074

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal Media
Ilmiah Teknik Lingkungan (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

TIM PENGUJI

Dosen Pembimbing

1. Ketua


Dr. Okik Hendriyanto C., S.T., M.T.
NIP. 19750717 202121 1 007


Firra Rosariawari, ST., MT.
NIP. 19750409 202121 2 0004

2. Anggota


Raden Kokoh Harjo P., ST., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

ANALISIS PERSEBARAN GAS SO₂ DALAM RUANGAN DI INDUSTRI PUPUK DAN PESTISIDA MENGGUNAKAN SENSOR MQ-136 BERBASIS IOT DAN SIMULASI CFD

Disusun Oleh:



ELZA DIANIS NURFARIKHA

NPM 21034010074

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal **Desember 2025**

TIM PENILAI

KETUA



Firra Rosariawati ST., MT.
NIP. 19750409 202121 2 0004

ANGGOTA



Raden Kokoh Haryo P., ST., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Elza Dianis Nurfarikha
NPM : 21034010074
Program : Sarjana(S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik Dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 1 Desember 2025

Yang Membuat Pernyataan



Elza Dianis Nurfarikha
NPM. 21034010074

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "**Analisis Persebaran Gas SO₂ dalam Ruangan di Industri Pupuk dan Pestisida menggunakan Sensor MQ-136 Berbasis IoT dan Simulasi CFD**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di UPN Veteran Jawa Timur.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, ST, MT selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan maupun kritik dan saran sehingga skripsi dan perkuliahan dapat selesai dengan baik.
4. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membagikan ilmu di dalam kelas maupun saat diskusi.
5. Ibu dari penulis, terima kasih atas segala kasih sayang, waktu, tenaga, upaya dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama ini sehingga penulis dapat terus berjuang dan menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh keluarga, sahabat, dan pasangan penulis yang memberikan bantuan serta dukungan selama pengerjaan skripsi ini.
7. Teman - teman Teknik Lingkungan Angkatan 2021 yang sudah memberikan banyak bantuan terhadap penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya,

1 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
ABSTRAK	1
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pencemaran Udara dan Dampaknya.....	5
2.2. Sulfur Dioksida (SO ₂) sebagai Polutan Udara.....	11
2.3 Sensor MQ-136 untuk Deteksi SO ₂	16
2.4 Sensor DHT 11	20
2.5 Mikrokontroler	21
2.6 <i>Internet of Things</i> (IoT)	23
2.7 Pemodelan Dispersi Gas SO ₂ dalam Ruangan	25
2.8 Baku Mutu Gas SO ₂ di Udara	27
2.9 Hasil Penelitian Sebelumnya yang Relevan	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Kerangka Penelitian	32
3.2 Peralatan Penelitian	34
3.3 Perancangan Prototype	34
3.4 Model Penyebaran Spasial Gas SO ₂ dalam Ruangan.....	39
3.5 Variabel.....	42
3.6 Matriks Penelitian.....	43
3.7 Analisis.....	44

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Pengukuran Kadar Gas SO ₂ secara <i>real-time</i> di Industri Pupuk dan Pestisida.....	45
4.2 Analisis <i>Heatmap</i> Dispersi Kadar SO ₂	49
4.3 Analisis Faktor Meteorologi	55
4.4 Analisis berdasarkan Baku Mutu.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32.....	22
Tabel 3. 1 Tabel Matriks Penelitian	43
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Kadar Gas SO ₂ secara real-time di Industri.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor MQ-136.....	16
Gambar 2. 2 Struktur Sensor MQ-136.....	17
Gambar 2. 3 Spesifikasi Sensor MQ-136	18
Gambar 2. 4 Grafik Karakteristik Sensor MQ-136	19
Gambar 2. 5 Sensor DHT 11	21
Gambar 2. 6 Aplikasi Blynk.....	25
Gambar 2. 7 Baku mutu SO ₂ Permenaker No.5 Tahun 2018.....	28
Gambar 2. 8 Baku mutu SO ₂ Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021	29
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	33
Gambar 3. 2 Rancangan Sensor.....	34
Gambar 3. 3 Grafik Sensitivitas Sensor MQ-136.....	36
Gambar 3. 4 Denah Titik Lokasi Penelitian	39
 Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengukuran Kadar SO ₂ di Industri	 47
Gambar 4. 2 Heatmap 8 Jam Pertama	49
Gambar 4. 3 Heatmap 8 Jam Kedua	51
Gambar 4. 4 Heatmap 8 Jam Ketiga.....	53
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Antara Kadar SO ₂ dengan Suhu.....	55
Gambar 4. 6 Grafiik Hubungan Kadar SO ₂ dengan Kelembapan	57
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Antara Kadar SO ₂ dengan Kecepatan Angin	58

ABSTRAK

Industri pupuk dan pestisida berpotensi menghasilkan emisi sulfur dioksida (SO_2) yang dapat membahayakan kesehatan pekerja dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kadar gas SO_2 secara periodik setiap jam menggunakan sensor MQ-136 berbasis IoT, menganalisis persebaran spasial gas SO_2 dengan pendekatan Computational Fluid Dynamics (CFD), dan mengevaluasi kesesuaian kadar SO_2 dengan baku mutu Permenaker No. 5 Tahun 2018. Pengukuran dilakukan secara kontinyu selama 24 jam dengan interval 1 jam di ruang produksi industri pupuk di Bojonegoro. Data konsentrasi SO_2 beserta parameter meteorologi (suhu, kelembapan, kecepatan dan arah angin) direkam secara real-time melalui platform Blynk. Data kemudian dikonversi menjadi laju emisi massa dan disimulasikan menggunakan SimScale dengan model turbulensi $k-\omega$ SST untuk menghasilkan visualisasi heatmap distribusi spasial. Hasil penelitian menunjukkan fluktuasi temporal dengan konsentrasi tertinggi 1,056 ppm pada pukul 11.00 dan terendah 0,238 ppm pada pukul 03.00. Visualisasi heatmap CFD mengidentifikasi kadar SO_2 di area produksi dengan ventilasi terbatas. Seluruh data pengukuran menunjukkan bahwa kadar SO_2 masih berada di bawah baku mutu Permenaker No. 5 Tahun 2018 (2 ppm untuk paparan 8 jam kerja), dengan konsentrasi tertinggi mencapai 52,8% dari NAB yang diizinkan. Penelitian ini menekankan pentingnya sistem monitoring real-time, optimasi sistem ventilasi, dan strategi pengendalian berbasis temporal untuk meminimalkan paparan SO_2 di lingkungan industri tertutup.

Kata kunci: sulfur dioksida, CFD, IoT, sensor MQ-136, distribusi spasial, industri pupuk, baku mutu udara

ABSTRACT

The fertilizer and pesticide industry has the potential to produce sulfur dioxide (SO₂) emissions that can harm the health of workers and the environment. This study aims to analyze SO₂ gas levels periodically every hour using an IoT-based MQ-136 sensor; analyze the spatial distribution of SO₂ gas using the Computational Fluid Dynamics (CFD) approach, and evaluate the suitability of SO₂ levels with the quality standards of Permenaker No. 5 of 2018. Measurements were taken continuously for 24 hours at 1-hour intervals in an industrial fertilizer production room in Bojonegoro. SO₂ concentration data along with meteorological parameters (temperature, humidity, wind speed and direction) were recorded in real time via the Blynk platform. The data were then converted into mass emission rates and simulated using SimScale with the $k-\omega$ SST turbulence model to produce a heatmap visualization of spatial distribution. The results of the study show temporal fluctuations with the highest concentration of 1.056 ppm at 11:00 a.m. and the lowest of 0.238 ppm at 3:00 a.m. The CFD heatmap visualization identified the highest SO₂ in the area of the production with limited ventilation. All measurement data showed that the SO₂ level was still below the quality standard of Permenaker No. 5 of 2018 (2 ppm for 8-hour exposure), with the highest concentration reaching 52.8% of the permitted NAB. This study emphasizes the importance of real-time monitoring systems, ventilation system optimization, and temporal-based control strategies to minimize SO₂ exposure in enclosed industrial environments.

Keywords: *sulfur dioxide, CFD, IoT, MQ-136 sensor, spatial distribution, fertilizer industry, air quality standards*