

**ANALISIS DISPERSI SULFUR DIOKSIDA (SO₂)
DARI *TAILGAS THERMAL OXIDIZER*
MENGUNAKAN *OPENAIR* DAN *BOX MODEL*
DI *HUSKY-CNOOC MADURA LIMITED***



Oleh :

REYHAN ADISTA RAMADHANI

NPM: 19034010043

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2023**

SKRIPSI
ANALISIS DISPERSI SULFUR DIOKSIDA (SO₂)
DARI TAILGAS THERMAL OXIDIZER
MENGGUNAKAN OPENAIR DAN BOX MODEL
DI HUSKY-CNOOC MADURA LIMITED



Oleh:

REYHAN ADISTA RAMADHANI
NPM 19034010043

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR SURABAYA
TAHUN 2023

**ANALISIS DISPERSI SULFUR DIOKSIDA (SO₂),
DARI TAILGAS THERMAL OXIDIZER
MENGUNAKAN OPENAIR DAN BOX MODEL
DI HUSKY-CNOOC MADURA LIMITED**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh:

REYHAN ADISTA RAMADHANI
NPM 19034010043

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR SURABAYA
TAHUN 2023**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS DISPERSI SULFUR DIOKSIDA (SO₂)
DARI TAILGAS THERMAL OXIDIZER
MENGUNAKAN OPENAIR DAN BOX MODEL
DI HUSKY-CNOOC MADURA LIMITED**

Disusun Oleh :

REYHAN ADISTA RAMADHANI
NPM 19034010043

Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal : 20 Juli 2023

Menyetujui
Dosen Pembimbing,


Mohamad Mirwan., ST., MT
NIP. 19760212 202121 1 004

Mengetahui
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM


Dr. Dra. Jariyah M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

BIODATA

IDENTITAS DIRI PENELITIAN					
Nama Lengkap	Reyhan Adista Ramadhani				
Fakultas/Program Studi	Teknik/Teknik Lingkungan				
NPM	19034010043				
TTL	Jakarta, 23 November 2001				
Alamat	Duta Bintaro Blok D2 Nomor 5				
Telpon	08119989935				
Email	19034010043@student.upnjatim.ac.id				
PENDIDIKAN					
No.	Jenjang Edukasi	Institusi	Tahun		Keterangan
			Masuk	Lulus	
1	SD	SD Islam Al-ashar	2006	2013	
2	SMP	SMPN 13 Kota Tangerang	2013	2016	
3	SMA	SMAN 1 Kota Tangerang	2016	2019	IPA
4	Universitas	UPN "Veteran" Jawa Timur	2019	2023	Teknik Lingkungan
TUGAS AKADEMIK					
No.	Tugas/Kegiatan	Judul/Tempat			Tahun
1	Kuliah Kerja Nyata	Kelurahan Lidah Kulon, Kota Surabaya			2022
2	Kerja Praktik	Husky-CNOOC Madura Limited			2022
3	Tugas Perencanaan	Instalasi Pengolahan Air Minum (Sumber Air Baku : Kali Surabaya Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik)			2022
		Perancangan Bangunan Pengolahan Air Buangan Industri Susu			
4	Skripsi	Analisis Dispersi Sulfur Dioksida (SO ₂) dari Tailgas Thermal Oxidizer Menggunakan Openair dan Box Model di Husky-CNOOC Madura Limited			2023
IDENTITAS ORANG TUA					
Nama Lengkap		Sudisno			
Alamat		Duta Bintaro Blok D2 Nomor 5			
Nomor Telepon		0811814005			
Pekerjaan		Pensiunan Swasta			

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Reyhan Adista Ramadhani
NIM : 19034010043
Fakultas /Program Studi : Teknik /Teknik Lingkungan
Judul Skripsi/Tugas Akhir/
Tesis/Desertasi : Analisis Dispersi Sulfur Dioksida (SO₂) Dari Tailgas
Thermal Oxidizer Menggunakan Openair dan Box
Model Di Husky-CNOOC Madura Limited

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun , sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 20 Juli 2023

Yang Menyatakan



(Reyhan Adista Ramadhani)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah S.W.T atas segala rahmat dan karunian-Nya yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Dispersi Sulfur Dioksida (SO₂) dari *tailgas thermal oxidizer* menggunakan *openair* dan *Box Model* di Husky-CNOOC Madura Limited ” ini dengan baik. Saya selaku penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, dan kami meyakini bahwasannya penulisan tugas akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Mohamad Mirwan, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia dengan sabar serta ilmu yang diberikan dalam setiap proses bimbingan.
4. Orang tua dan keluarga yang selalu ikhlas mendoakan dan mendukung dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
5. Pak Parik, Mas Randa, Mas Andika, Pak Mawan, Mba Ditta dan seluruh Staff departemen HSSE di Husky-CNOOC Madura Limited.
6. Nisrina Beauty Alfirdaus yang selalu mendampingi baik saat suka maupun duka.
7. Sobat Dolen (Fikry, Daffa, dan Rizky) yang selalu solid dan menemani selama empat tahun terakhir perkuliahan.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan 2019 yang telah banyak membantu penulis. Penulisan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan sehingga diperlukan kritik dan saran serta masukan dari berbagai pihak.

Jakarta, Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pencemaran Udara	5
2.2 Sulfur Dioksida (SO₂)	6
2.2.1 Sumber Sulfur Dioksida (SO₂)	6
2.2.2 Dampak Sulfur Dioksida (SO₂)	6
2.3 Faktor Meteorologi Pencemaran Udara	7
2.3.1 Suhu Udara	7
2.3.2 Arah dan Kecepatan Angin	7
2.3.3 Curah Hujan	7
2.3.4 Kelembapan Udara	8
2.4 Baku Mutu Emisi Unit Oksidasi Thermal Sulfur	8
2.5 Baku Mutu Udara Ambien	8
2.6 Pemantauan dengan <i>Continous Emission Monitoring System</i> (CEMS)	9
2.7 <i>Openair Model</i>	10
2.7.1 Scatterplot	10
2.7.2 Windrose dan Pollutionrose	10

2.8	<i>Box Model</i>	11
2.9	Sistem Produksi Husky-CNOOC Madura Limited	11
2.9.1	Produced Water.....	14
2.9.2	Kondensat	16
2.9.3	Sweet Gas	16
2.9.4	Sulfur Recovery Unit.....	18
2.10	Pendeteksi Gas.....	18
2.11	Hasil Penelitian Sebelumnya	20
BAB III		26
KERANGKA PENELITIAN		26
3.1	Kerangka Penelitian.....	26
3.2	Alat dan Bahan	26
3.2.1	Alat	26
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.3.1	Lokasi Penelitian	27
3.3.2	Waktu Penelitian	28
3.4	Prosedur Penelitian	30
3.4.1	Data Penelitian.....	30
3.4.2	Analisis Data	30
BAB IV		33
HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Pengukuran Emisi Sulfur Dioksida (SO ₂) di Cerobong <i>Taigas Thermal Oxidizer (TTO)</i>	33
4.2	Kecenderungan Temporal Polutan Pencemar Sulfur Dioksida (SO ₂)....	34
4.3	Hubungan Faktor Meteorologi Terhadap Sulfur Dioksida (SO ₂) Menggunakan <i>Openair Model</i>	35
4.3.1	Suhu Udara	36
4.3.2	Kelembapan Udara	39
4.3.3	Curah Hujan	42
4.3.4	Kecepatan Angin	45
4.4	Identifikasi Arah Persebaran Polutan Pencemar Sulfur Dioksida (SO ₂) 48	
4.4.1	Analisis Dengan Windrose.....	49

4.4.2	Analisis dengan Pollutionrose.....	52
4.5	Pola Persebaran Polutan Pencemar Sulfur Dioksida (SO ₂)	56
4.5.1	Pola Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO ₂) Pada musim Hujan.....	56
4.5.2	Pola Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO ₂) Pada musim Kemarau	58
4.6	Validasi <i>Box Model</i> untuk menghitung konsentrasi beban pencemar Sulfur Dioksida (SO ₂).....	60
4.6.1	Perhitungan beban emisi Tailgas Thermal Oxidizer (TTO)	60
4.6.2	Perhitungan Box Model	62
4.7	Mitigasi pengendalian polutan pencemar Sulfur Dioksida (SO ₂)	70
4.7.1	Metode untuk meningkatkan Sulphur Conversion Rate	71
4.7.2	Penggunaan Fixed Gas Detector pendeteksi Sulfur dioksida.....	72
BAB V		74
KESIMPULAN DAN SARAN		74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA		76
LAMPIRAN		79
Lampiran A		80
Data Hasil Pengukuran Polutan Pencemar Sulfur dioksida (SO₂) Menggunakan Continous Emission Monitoring System (CEMS)		80
Data Meteorologi di Wilayah Penelitian.....		84
Baku Mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 13 tahun 2009.....		88
Baku mutu udara ambien Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 Tahun 2021		89
Lampiran B.....		89
Format perintah di Rstudio untuk Openair model.....		89
Dimensi Cerobong.....		90
Data Kecepatan Alir.....		91
Perhitungan Beban Emisi Harian (Q)		92
Perhitungan Box Model		96
Dokumentasi Penelitian		101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>Box Model</i>	11
Gambar 2.2 Alur Produksi Lapangan Husky-CNOOC Madura Limited	13
Gambar 2.3 Diagram Produksi Husky-CNOOC Madura Limited	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian Skripsi	26
Gambar 3.2 Site Plant Husky-CNOOC Madura Limited	28
Gambar 3.3 Diagram Prosedur Penelitian Skripsi	30
Gambar 3.4 Ilustrasi <i>Box Model</i>	32
Gambar 3.5 Diagram Gambar Ukuran Spesifikasi Kapal FPSO	32
Gambar 4.1 Grafik Emisi Sulfur Dioksida Tailgas Thermal Oxidizer	33
Gambar 4.2 Kecenderungan temporal data emisi sulfur dioksida	35
Gambar 4.3 Regresi Linear SO ₂ dengan suhu udara pada musim hujan	36
Gambar 4.4 Regresi Linear SO ₂ dengan suhu udara pada musim kemarau	37
Gambar 4.5 Regresi Linear SO ₂ dengan kelembapan udara pada musim hujan	40
Gambar 4.6 Regresi Linear SO ₂ dengan kelembapan udara pada musim kemarau	41
Gambar 4.7 Regresi Linear SO ₂ dengan curah hujan pada musim hujan	43
Gambar 4.8 Regresi Linear SO ₂ dengan curah hujan pada musim kemarau	44
Gambar 4.9 Regresi Linear SO ₂ dengan kecepatan angin pada musim hujan	46
Gambar 4.10 Regresi Linear SO ₂ dengan kecepatan angin pada musim hujan	47
Gambar 4.11 Diagram windrose musim hujan	50
Gambar 4.12 Diagram windrose musim kemarau	51
Gambar 4.13 Diagram pollutionrose musim hujan	53
Gambar 4.14 Titik sumber pencemar ke pulau Mandangin	54
Gambar 4.15 Diagram pollutionrose musim kemarau	55
Gambar 4.16 Bagian tenggara sumber pencemar	56
Gambar 4.17 Diagram NWR SO ₂ musim hujan	57
Gambar 4.18 Diagram NWR SO ₂ musim kemarau	58
Gambar 4.19 Grafik Beban Emisi SO ₂ Tailgas Thermal Oxidizer HCML Sepanjang tahun 2021	62
Gambar 4.20 Kalkulasi <i>Box Model</i> ketinggian 350 meter	63
Gambar 4.21 Kalkulasi <i>Box Model</i> ketinggian 700 meter	65
Gambar 4.22 Kalkulasi <i>Box Model</i> ketinggian 1050 meter	66
Gambar 4.23 Kalkulasi <i>Box Model</i> ketinggian 1400 meter	68
Gambar 4.24 Grafik hasil kalkulasi <i>Box Model</i>	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Emisi Unit Oksidasi Thermal Sulfur	8
Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Ambien	9
Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	27
Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Skripsi	29
Tabel 4.1 Contoh Beban Emisi Cerobong <i>Tailgas Thermal Oxidizer (TTO)</i>.....	61
Tabel 4.2 Teknologi Deteksi gas Berdasarkan Indra Manusia	73

ABSTRAK

Penelitian yang berjudul Analisis Dispersi Sulfur Dioksida (SO₂) dari *Tailgas Thermal Oxidizer* Menggunakan *Openair* dan *Box Model* di Husky-CNOOC Madura *Limited* ini bertujuan untuk menganalisis persebaran dan jangkauan dari emisi Sulfur Dioksida (SO₂) yang di hasilkan oleh Husky-CNOOC Madura Limited dengan faktor-faktor meteorologis seperti suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, kecepatan dan arah angin selama 6 bulan (Januari – Juni 2023). Metode penelitian yang digunakan adalah dengan pengumpulan data konsentrasi SO₂ dari *Tailgas Thermal Oxidizer* di Selat Madura. Dari data yang sudah didapatkan akan dianalisis menggunakan perangkat lunak *Openair* untuk mengetahui pola dispersi SO₂ di area sekitar Selat Madura. Selain itu, *Box Model* juga digunakan dalam penelitian ini untuk memodelkan penyebaran SO₂ dan mengetahui konsentrasi SO₂. Hubungan korelasi antara emisi Sulfur Dioksida (SO₂) dengan faktor meteorologi dapat dikatakan sangat lemah karena menghasilkan nilai *R Square* (R²) yang rendah. Analisis persebaran polutan pencemar Sulfur Dioksida (SO₂) menunjukkan bahwasannya titik terjauh sebaran adalah 18 kilometer ke arah barat laut sedangkan jarak dari titik kegiatan produksi ke pulau pemukiman adalah 8,96 kilometer. Hasil kalkulasi menggunakan *Box Model* dengan variasi *mixing height* menghasilkan data yang menunjukkan bahwasannya dalam simulasi kotak dengan panjang sesuai dengan jarak sebaran titik terjauh dan ketinggian 1400 meter masih terdapat 2 sampel dari 173 sampel yang belum memenuhi baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 atau 1,16 % sampel masih belum memenuhi baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 yaitu sebesar 75 µg/ m³ dalam 24 jam.

Kata kunci: *sulfur dioksida, box model, openair model, industri minyak dan gas*

ABSTRACT

The research entitled Sulfur Dioxide (SO₂) Dispersion Analysis from Tailgas Thermal Oxidizer Using Openair and Box Model at Husky-CNOOC Madura Limited aims to analyze the distribution and range of Sulfur Dioxide (SO₂) emissions produced by Husky-CNOOC Madura Limited with meteorological factors such as air temperature, air humidity, rainfall, wind speed and direction for 6 months (January - June 2023). The research method used is by collecting data on SO₂ concentration from thermal oxidizer tailgas in the Madura Strait. The data that has been obtained will be analyzed using Openair software to determine the SO₂ dispersion pattern in the area around the Madura Strait. In addition, the Box Model is also used in this study to model the spread of SO₂ and determine the concentration of SO₂. The correlation between Sulfur Dioxide (SO₂) emissions and meteorological factors can be said to be very weak because it produces a low R Square (R²) value. Analysis of the distribution of Sulfur Dioxide (SO₂) pollutants shows that the farthest point of distribution is 18 kilometers to the northwest while the distance from the point of production activities to the residential island is 8.96 kilometers. The results of calculations using the Box Model with variations in mixing height produce data that shows that in a box simulation with a length according to the distance of the farthest point distribution and a height of 1400 meters there are still 2 samples out of 173 samples that do not meet the ambient air quality standards based on Government Regulation No. 22 of 2021 or 1.16% of samples still do not meet the ambient air quality standards based on Government Regulation No. 22 of 2021 which is 75 µg / m³ in 24 hours.

Keywords: *sulfur dioxide, box model, openair model, oil and gas industry*