

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO) TERHADAP PEKERJA DI BENGKEL LAS PT PERTAMINA HULU ROKAN ZONA 4 KOTA PRABUMULIH TAHUN 2024**



**NAMA : WULANDARI DWI SAFITRI**

**NIM : 10031182126006**

**PROGRAM STUDI KESEHATAN LINGKUNGAN (S1)  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO) TERHADAP PEKERJA DI BENGKEL LAS PT PERTAMINA HULU ROKAN ZONA 4 KOTA PRABUMULIH TAHUN 2024**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar (S1) Sarjana  
Kesehatan Lingkungan pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas  
Sriwijaya



NAMA : WULANDARI DWI SAFITRI

NIM : 10031182126006

**PROGRAM STUDI KESEHATAN LINGKUNGAN (S1)  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

**KESEHATAN LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**SKRIPSI, 30 Desember 2024**

**Wulandari Dwi Safitri; Dibimbing Prof. Dr.rer.med.H.Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M**

**Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Karbon Monoksida (CO)  
Terhadap Pekerja di Bengkel Las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota  
Prabumulih Tahun 2024**

xviii + 85 halaman, 13 tabel, 8 gambar, 8 lampiran

**ABSTRAK**

Proses pengelasan menghasilkan asap yang mengandung logam dan produk sampingan gas berbahaya seperti NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, dan CO<sub>2</sub>. Gas CO dihasilkan dalam konsentrasi cukup tinggi dibandingkan gas lainnya, karena adanya interaksi antara panas yang tinggi dan logam besi karbon dengan oksigen di udara. Gas CO yang dihasilkan dapat meningkatkan risiko kesehatan para pekerja di bengkel las. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko kesehatan lingkungan paparan gas CO terhadap pekerja di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif yang menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Sampel penelitian berjumlah 31 pekerja di bengkel las yang didapatkan secara *total sampling*. Data dikumpulkan melalui wawancara menggunakan kuesioner serta pengukuran gas CO dengan alat Aeroqual S500. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi CO pada waktu pengukuran pagi hari di 6 titik sebesar 3,15 ppm dan di siang hari 1,65 ppm. Analisis paparan pada penelitian ini hanya menggunakan nilai *intake real time* karena paparan bersifat non karsinogenik, dan didapatkan nilai *intake* paparan pada pagi hari yaitu 0,72 ppm, dan pada siang hari sebesar 0,38 ppm. Hasil perhitungan karakterisasi risiko menunjukkan nilai  $RQ \leq 1$  yaitu 0,03 di waktu pagi hari dan sebesar 0,02 untuk di siang hari. Kesimpulan penelitian ini adalah pekerja di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih tidak berisiko memiliki gangguan kesehatan non karsinogenik akibat paparan CO. Saran untuk perusahaan yaitu agar dapat melakukan *monitoring* rutin terhadap peralatan pengelasan sehingga konsentrasi gas CO yang dihasilkan dapat dipertahankan.

Kata kunci : Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, CO, Bengkel Las, Pekerja

Kepustakaan: 81 ( 2005-2024)

**ENVIRONMENTAL HEALTH  
FACULTY OF PUBLIC HEALTH  
SRIWIJAYA UNIVERSITY  
Thesis, 30 December 2024**

**Wulandari Dwi Safitri; Guided by Prof. Dr.rer.med.H.Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M**

***Environmental Health Risk Analysis of Carbon Monoxide (CO) Gas Exposure to Workers in the Welding Workshop of PT Pertamina Hulu Rokan Zone 4, Prabumulih City, 2024***

*xviii + 85 pages, 13 tables, 8 pictures, 8 attachments*

### **ABSTRACT**

*The welding process produces smoke containing metal and hazardous gas by-products such as NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, and CO<sub>2</sub>. CO gas is produced in quite high concentrations compared to other gases, due to the interaction between high heat and carbon iron metal with oxygen in the air. The CO gas produced can increase the health risks of workers in the welding shop. This study aims to analyze the environmental health risks of CO gas exposure to workers in the welding shop of PT Pertamina Hulu Rokan Zone 4, Prabumulih City. This type of research is descriptive research using the Environmental Health Risk Analysis method. The research sample was 31 workers in the welding shop obtained by total sampling. Data were collected through interviews using questionnaires and CO gas measurements with the Aeroqual S500 tool. The results showed that the average CO concentration at the time of morning measurements at 6 points was 3.15 ppm and during the day 1.65 ppm. Exposure analysis in this study only used real-time intake values because exposure is non-carcinogenic, and the intake exposure value in the morning was 0.72 ppm, and during the day was 0.38 ppm. The results of the risk characterization calculation showed an RQ value  $\leq 1$  of 0.03 in the morning and 0.02 during the day. The conclusion of this study is that workers in the welding workshop of PT Pertamina Hulu Rokan Zone 4, Prabumulih City are not at risk of having non-carcinogenic health problems due to CO exposure. Suggestions for companies are to be able to carry out routine monitoring of welding equipment so that the concentration of CO gas produced can be maintained.*

*Keyword: Environmental Health Risk Analysis, CO, Welding Workshop, Workers*

*Literatur: 81 (2005-2024)*

## LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat dengan sejujurnya dengan mengikuti kaidah Etika Akademik FKM Unsri serta menjamin bebas Plagiarisme. Bila kemudian diketahui saya melanggar Etika Akademik maka saya bersedia dinyatakan tidak lulus/gagal.

Indralaya, Desember 2024

Yang Bersangkutan,



Wulandari Dwi Safitri

NIM.10031182126006

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO) TERHADAP PEKERJA DI BENGKEL LAS PT PERTAMINA HULU ROKAN ZONA 4 KOTA PRABUMULIH TAHUN 2024

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Lingkungan

Oleh :

WULANDARI DWI SAFITRI

NIM. 10031182126006

Indralaya, 30 Desember 2024

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Mjnsnaniarti, S.K.M., M.K.M.  
NIP. 197606092002122001

Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and strokes, positioned above the name of the supervisor.

Prof. Dr. rer. med. H. Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M.  
NIP. 197512262002121001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) Terhadap Pekerja di Bengkel Las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih Tahun 2024" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Desember 2024 dan telah diperbaiki serta sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.

Indralaya, 30 Desember 2024

### Tim Penguji Sidang Skripsi



#### Ketua :

1. Imelda Gernauli Purba, S.K.M., M.Kes  
NIP. 197502042014092003

(  )

#### Anggota :

1. Dini Arista Putri, S.Si., M.PH  
NIP. 199101302022032004
2. Prof. Dr. rer. med.H.Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M (   
NIP. 197312262002121001

(  )  
(  )

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Sriwijaya

  
Prof. Dr. Misnaniarti, S.K.M., M.K.M.  
NIP. 197606092002122001

Koordinator Program Studi  
Kesehatan Lingkungan



Dr. Elvi Sunarsih, S.K.M., M.Kes.  
NIP. 197806282009122004

# RIWAYAT HIDUP

## Data Umum

Nama Lengkap : Wulandari Dwi Safitri  
NIM : 10031182126006  
Tempat/Tanggal Lahir: Prabumulih, 26 Desember 2003  
Agama : Islam  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat : Jalan Mangga Nomor 419 A Komperta Prabumulih  
Email : [Wulandds1226@gmail.com](mailto:Wulandds1226@gmail.com)

## Riwayat Pendidikan

2008 - 2009 : TK AISIYAH BUSTANUL ATHFAL PRABUMULIH  
2022 - 2023 : SD NEGERI 02 PRABUMULIH  
2015 - 2018 : SMP YPS PRABUMULIH  
2018 - 2021 : SMA NEGERI 02 PRABUMULIH  
2021 - Sekarang : Program Studi Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya

## Pengalaman Organisasi

2021 - 2022 : Anggota aktif Kumpulan Mahasiswa Prabumulih (KMP) departemen Hubungan Masyarakat (HUMAS)  
2009 - 2015 : *Staff* Muda Departemen Ekonomi Kreatif (E-Tif) Himpunan Mahasiswa Kesehatan Lingkungan (HMKL)  
2023 - 2024 : Kepala Departemen Ekonomi Kreatif (E-Tif) Himpunan Mahasiswa Kesehatan Lingkungan (HMKL)  
2023-2024 : *Staff* Muda Departemen Hubungan Eksternal (Hubeks) Badan Otonom *Green Environmental Organization* FKM UNSRI



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) Terhadap Pekerja di Bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Prabumulih Tahun 2024” untuk memenuhi syarat mencapai gelar Sarjana (S1) Kesehatan Lingkungan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya. Selama proses penyusunan penelitian skripsi ini penulis banyak didampingi oleh pihak-pihak terkait. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Misnaniarti, S.KM., M.KM. selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Elvi Sunarsih, S.KM., M.Kes. selaku Ketua Program Studi Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Dr. rer. med. H. Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membantu membimbing serta memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.
4. Ibu Imelda Gernauli Purba, S.K.M., M.Kes. selaku Dosen Penguji 1 yang senantiasa memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan penyusunan penelitian skripsi penulis.
5. Ibu Dini Arista Putri, S.Si., M.PH selaku Dosen Penguji 2 yang senantiasa memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan penyusunan penelitian skripsi penulis.
6. Seluruh Dosen dan Staff Civitas Akademika Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Pembimbing Tugas Akhir di PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Prabumulih yakni Bapak Berni Sahat Yohanes Simanjuntak dan para pekerja yang telah membantu penulis melakukan pengambilan data di lokasi penelitian.

8. Ayah dan Ibu tercinta, yaitu Bapak Abdul Rahman, dan Ibu Ruslaini yang merupakan dua orang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terima kasih atas doa, dukungan, cinta, semangat, dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis selama ini. Semoga Allah SWT memberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat kelak, karena telah menjadi figur orang tua terbaik bagi penulis.
9. Nenek dan Saudara tersayang penulis yakni Qodria Utami Putri, Muhammad Taufiq Indrawan, Fairuz Abadi, serta keponakan Muhammad Rafaeyza Muttaqi yang selalu mendukung dan memberikan semangat selama proses penulisan skripsi.
10. Para sahabat seperjuangan penulis yakni Adinda, Aristi, Nabila, Warni, Zalza, Tari, Mawaddah, Latisya, Nadia, Anisya, Irene, Osin, Safrina, Aura, Wulan A, Nadia Z, yang selalu ada di masa senang maupun sedih saat kuliah, selalu memberikan semangat, motivasi, arahan, serta doa kepada penulis.
11. Sahabat Nongkivers yaitu Caca, Amon, Febri, Ricky, Bagas, Herzi, Nanda, Rama, Aqil, Giang yang memberikan warna di kehidupan semester akhir kuliah penulis.
12. Sahabat K3 Merah Menyala yaitu Ahsan, Ridha, Rizky, Arin yang juga menemani dan kebersamai penulis selama proses penyusunan skripsi.
13. Seluruh teman-teman Jurusan Kesehatan Lingkungan angkatan 2021 atas kebersamaan dan canda tawa selama masa perkuliahan.

Indralaya, 31 Desember 2024

Penulis

Wulandari Dwi Safitri

## **LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Wulandari Dwi Safitri  
NIM : 10031182126006  
Program Studi : Kesehatan Lingkungan  
Fakultas : Kesehatan Masyarakat

Dengan ini menyatakan menyetujui / tidak menyetujui \*) (jika menyetujui sebutkan alasannya) untuk memberikan kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclucive royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) Terhadap Pekerja di Bengkel Las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih Tahun 2024”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : di Indralaya  
Pada Tanggal : Desember 2024  
Yang menyatakan

(Wulandari Dwi Safitri)

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Tujuan Umum .....	4
1.3.2 Tujuan Khusus.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Bagi Peneliti.....	4
1.4.2 Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat .....	5
1.4.3 Bagi Pekerja Bengkel Las .....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	5
1.5.1 Lingkup Lokasi .....	5
1.5.2 Lingkup Materi.....	5
1.5.3 Lingkup Waktu .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Pencemaran Udara.....	6

2.1.1	Definisi dan Jenis Pencemaran Udara.....	6
2.1.2	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara .....	6
2.1.3	Sumber Pencemaran Udara .....	8
2.2	Karbon Monoksida (CO).....	10
2.2.1	Karakteristik Karbon Monoksida (CO).....	10
2.2.2	Sumber Karbon Monoksida (CO).....	10
2.2.3	Toksikokinetik Karbon Monoksida (CO).....	11
2.2.4	Toksikodinamik Karbon Monoksida (CO).....	12
2.2.5	Standar Baku Mutu Karbon Monoksida (CO).....	13
2.2.6	Dampak Karbon Monoksida (CO).....	15
2.3	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).....	17
2.3.1	Definisi ARKL .....	17
2.3.2	Langkah-Langkah ARKL.....	18
2.4	Kerangka Teori .....	21
2.5	Kerangka Konsep .....	22
2.6	Definisi Operasional.....	23
2.7	Keabsahan Penelitian .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>29</b>
3.1	Desain Penelitian .....	29
3.2	Populasi dan Sampel Penelitian .....	29
3.2.1	Populasi Penelitian.....	29
3.2.2	Sampel Penelitian.....	30
3.3	Jenis, Cara, dan Alat Pengumpulan Data .....	31
3.3.1	Jenis Data .....	31
3.3.2	Alat dan Cara Pengumpulan Data .....	32
3.4	Pengolahan Data.....	33
3.5	Analisis dan Penyajian Data.....	34
3.5.1	Analisis Data .....	34
3.5.2	Penyajian Data .....	36
<b>BAB IV HASIL.....</b>		<b>37</b>
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	37
4.2	Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) di Bengkel Las .....	38

4.3	Analisis Tingkat Paparan .....	40
4.3.1	Karakteristik Responden .....	40
4.3.2	Karakteristik Antropometri .....	40
4.3.3	Pola Paparan Responden .....	41
4.3.4	Estimasi Paparan Non-Karsinogenik .....	42
4.4	Karakteristik Risiko .....	45
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>		<b>48</b>
5.1	Keterbatasan Penelitian .....	48
5.2	Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) di Bengkel Las .....	48
5.3	Analisis Tingkat Paparan .....	52
5.3.1	Karakteristik Responden .....	52
5.3.2	Karakteristik Antropometri .....	53
5.3.3	Pola Paparan Responden .....	54
5.3.4	Estimasi Paparan Non-Karsinogenik .....	55
5.4	Karakteristik Risiko .....	58
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>		<b>60</b>
6.1	Kesimpulan.....	60
6.2	Saran.....	60
6.2.1	Bagi Perusahaan .....	60
6.2.2	Bagi Penelitian Selanjutnya .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu CO pada Udara Ambien.....	13
Tabel 2.2 Standar Baku Mutu CO pada Udara Emisi.....	14
Tabel 2.3 Standar Baku Mutu CO pada Udara Lingkungan Kerja.....	14
Tabel 2.4 Gejala Keracunan Karbon Monoksida (CO).....	15
Tabel 2.5 Definisi Operasional.....	23
Tabel 2.6 Keabsahan Penelitian.....	25
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi Gas CO.....	38
Tabel 4.2 Distribusi Konsentrasi Gas CO pada Pagi dan Siang Hari.....	39
Tabel 4.3 Distribusi Usia dan Tingkat Pendidikan Pekerja .....	40
Tabel 4.4 Berat Badan Pekerja di Bengkel Las.....	41
Tabel 4.5 Pola Paparan Pekerja di Bengkel Las.....	41
Tabel 4.6 Nilai Estimasi Paparan Gas CO di Pagi dan Siang Hari.....	44
Tabel 4.7 Nilai RQ Paparan CO pada Pagi dan Siang Hari .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Paradigma Penilaian Risiko Kesehatan Manusia.....	17
Gambar 2.2 Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Gas CO.....	21
Gambar 2.3 Kerangka Konsep.....	22
Gambar 3.1 <i>Layout Titik Sampling</i> Udara.....	30
Gambar 3.2 Alat <i>Aeroqual S500</i> .....	32
Gambar 4.1 Bengkel Las dari Arah Depan (a) dan Arah Belakang (b).....	37
Gambar 4.2 Grafik Sebaran Estimasi Paparan CO pada Pagi dan Siang Hari.....	44
Gambar 4.3 Grafik Sebaran RQ Paparan CO pada Pagi dan Siang Hari.....	47



## DAFTAR SINGKATAN

APD	: Alat Pelindung Diri
ARKL	: Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
ATSDR	: <i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
BPU	: Bengkel Perbaikan Umum
CARB	: <i>California Air Resources Board</i>
CDC	: <i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CO	: <i>Carbon Monoxide</i>
CO <sub>2</sub>	: <i>Carbon Dioxide</i>
COHb	: Karboksihemoglobin
CTE	: <i>Central Tendency Exposure</i>
ECR	: <i>Excess Cancer Risk</i>
EF	: <i>Exposure Factor</i>
EPA	: Environment Protection Agency
IARC	: <i>International Agency for Research on Cancer</i>
IPCS	: <i>International Programme on Chemical Safety</i>
IRIS	: <i>Integrated Risk Information System</i>
IUR	: <i>Inhalation Unit Risk</i>
KW	: Kilowatt
LOAEL	: <i>Lowest Observed Adverse Effect Level</i>
MRL	: <i>Minimum Risk Level</i>
NO <sub>2</sub>	: Nitrogen Dioksida
NOAEL	: <i>No Observed Adverse Effect Level</i>
OSHA	: <i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PM	: <i>Particulate Matter</i>
PPM	: <i>Parts Per Million</i>
RfC	: <i>Reference Concentration</i>
RfD	: <i>Reference Dose</i>
RME	: <i>Reasonable Maximum Exposure</i>
RQ	: <i>Risk Quotient</i>
SF	: <i>Slope Factor</i>

SNI : Standar Nasional Indonesia  
SO<sub>2</sub> : Sulfur Dioksida  
WHO : *World Health Organization*

## DAFTAR PERSAMAAN

(2.1).....	18
(2.2).....	19
(2.3).....	19
(2.4).....	20
(2.5).....	20
(3.1).....	35
(3.2).....	35
(3.3).....	35
(3.4).....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Informed Consent</i> .....	71
Lampiran 2. Kuesioner Wawancara.....	72
Lampiran 3. Kaji Etik.....	74
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian FKM UNSRI.....	75
Lampiran 5. Surat Balasan Izin Penelitian dari PT Pertamina.....	76
Lampiran 6. Surat Izin Peminjaman Alat Laboratorium.....	78
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	79
Lampiran 8. <i>Output</i> Analisis Data SPSS.....	80

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara menjadi masalah kesehatan lingkungan utama yang mempengaruhi setiap orang baik di negara-negara yang berpenghasilan rendah, menengah, dan tinggi. Berdasarkan data WHO (2019), terdapat sekitar 4,2 juta kematian dini terkait pencemaran udara yang terjadi di wilayah perkotaan dan pedesaan. Kematian tersebut disebabkan oleh adanya pajanan polutan atau partikel halus yang berdampak pada timbulnya penyakit paru obstruktif kronik, penyakit jantung iskemik, stroke, infeksi saluran pernapasan bawah akut, dan kematian karena adanya sel kanker di dalam saluran pernapasan (WHO, 2022).

*World Health Organization* (WHO) menyebutkan bahwa zat pencemar atau polutan dengan data serta informasi terkuat yang dapat menyebabkan adanya masalah kesehatan pada masyarakat yakni seperti partikulat (PM), karbon monoksida (CO), ozon (O<sub>3</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) (WHO, 2021). Polutan yang terdapat di udara dapat bersumber dari proses atau kegiatan yang sama, seperti dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna atau adanya reaksi kimia antara gas. Menurut *United States Environmental Protection Agency* (US EPA), salah satu gas penyumbang emisi di udara yakni gas karbon monoksida (CO) yang dihasilkan oleh sektor industri dari hasil pembakaran bahan bakar tidak sempurna yang dapat menyumbang sekitar 9% dari total emisi gas CO pada tahun 2020 (EPA, 2020).

Pada tahun 2023, total emisi gas karbon monoksida (CO) secara global diperkirakan mencapai sekitar 400 juta ton yang sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan proses industri. Emisi CO bervariasi secara regional, dan Asia menjadi salah satu wilayah dengan emisi CO terbesar karena tingginya tingkat industrialisasi dan kepadatan penduduk. Indonesia sendiri pada tahun 2018 memiliki total gas CO di udara yang diperkirakan mencapai 75 juta ton yang mana bersumber dari berbagai sektor seperti industri dan transportasi (EDGAR, 2023). Secara umum rata-rata konsentrasi karbon monoksida di Kota Palembang, Sumatera Selatan masih memenuhi standar baku mutu, namun perlu

adanya pengawasan lanjut mengenai kualitas udara karena nilai rata-rata CO mengalami peningkatan, dimana pada tahun 2016 sebesar 1.146 g/Nm<sup>3</sup> dan mengalami peningkatan pada tahun 2018 menjadi 3.940 g/Nm<sup>3</sup> (KepmenLHK, 2019).

Peningkatan total gas CO di udara dapat dikaitkan dengan berbagai aktivitas industri, termasuk aktivitas dari bengkel las yang menggunakan peralatan berbahan bakar fosil dalam proses pengelasan (Wiryosumarto, 2014). Adapun penelitian yang dilakukan oleh Mehrifar et al. (2020) yang meneliti mengenai risiko pajanan pekerja las terhadap gas dan asap logam dalam proses pengelasan, berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil yakni tukang las yang bekerja memiliki tingkat pajanan gas dan asap logam yang tinggi dimana hasil penilaian risiko menunjukkan bahwa gas CO, NO<sub>2</sub>, dan O<sub>3</sub> serta asap logam seperti Cr dan Mn memiliki peringkat risiko tinggi dalam semua jenis pengelasan. Rata-rata paparan CO yang terukur pada penelitian tersebut berkisar antara 41,50 ppm hingga 54,30 ppm, dimana diketahui jika hasil tersebut dibandingkan dengan standar baku mutu yang tercantum pada Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, maka hasil tersebut telah melebihi batas paparan CO yang diperbolehkan yakni 25 ppm (Kemenaker, 2018).

Proses pengelasan dapat menghasilkan gas karbon monoksida (CO) karena adanya interaksi antara panas yang tinggi dan logam besi karbon dengan oksigen di udara. Proses ini terjadi pada saat pengelasan dengan menggunakan metode yang melibatkan pembakaran bahan bakar atau penggunaan elektroda (Quecke et al., 2023). Pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar tersebut dapat menghasilkan CO sebagai produk sampingan. Suatu penelitian juga menunjukkan bahwa proses pengelasan yang ada di bengkel las yang menggunakan bahan bakar padat atau gas sering kali menghasilkan gas CO di udara (Karimi Zevedegani et al., 2017).

Salah satu bengkel las di Sumatera Selatan, yang terletak di Kota Prabumulih, dimiliki oleh PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Prabumulih. Bengkel tersebut juga dikenal sebagai Bengkel Perbaikan Umum (BPU) yang *mensupport* kegiatan *maintenance* perusahaan dengan mencakup kegiatan seperti pengelasan, bubut, *scrap*, dan bor. Kegiatan pengelasan di bengkel las tersebut diketahui

dilakukan sesuai dengan kebutuhan dan hampir dilakukan setiap hari. Sehingga konsentrasi CO yang dihasilkan di udara dapat meningkat secara signifikan selama proses pengelasan yang dilakukan secara terus menerus di bengkel las (Ojima, 2013).

Manusia yang terpajan gas CO secara terus menerus dapat mengakibatkan berkurangnya jumlah oksigen yang dapat diangkut ke dalam aliran darah ke organ penting seperti jantung dan otak, serta dapat menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu. Hal tersebut dikarenakan oksigen terhalang masuk sehingga darah lebih mudah menangkap CO, dan darah yang tercemar zat ini dapat menyebabkan kematian, sehingga hal ini menjadikan sifat toksisitas gas CO yang sangat berbahaya (EPA, 2024). Paparan jangka pendek terhadap gas ini dapat menyebabkan gejala keracunan CO seperti pusing, mual, sakit kepala, dan dalam kasus paparan tinggi, dapat menyebabkan kehilangan kesadaran atau bahkan kematian (Rizaldi et al., 2022).

Berdasarkan hasil observasi di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih, ditemukan beberapa pekerja pernah mengeluhkan gangguan kesehatan seperti mata perih, pusing, sakit kepala yang disebabkan oleh aktivitas pengelasan. Oleh karena itu, dilakukannya “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) Terhadap Para Pekerja di Bengkel Las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih Tahun 2024”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Gas Karbon Monoksida (CO) merupakan salah satu polutan berbahaya yang dapat bersumber dari proses pengelasan. Bengkel las di PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Prabumulih mempunyai aktivitas pengelasan yang hampir dilakukan setiap hari sehingga menjadikan pekerja di bengkel las tersebut sebagai kelompok yang rentan terpajan gas CO dari proses pengelasan. Paparan gas CO dapat menyebabkan gejala keracunan CO seperti sakit kepala, pusing, lemas, sakit perut, muntah, nyeri dada, serta paparan gas CO secara terus-menerus dapat menyebabkan gangguan kesehatan jangka panjang, terutama pada sistem pernapasan dan sirkulasi darah. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian adalah “Bagaimana risiko

kesehatan lingkungan pajanan gas karbon monoksida (CO) terhadap para pekerja di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih??".

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Umum**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan pajanan gas Karbon Monoksida (CO) terhadap para pekerja di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih Tahun 2024.

#### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Menganalisis gambaran konsentrasi gas CO di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih.
2. Menganalisis tingkat pajanan yaitu mengukur karakteristik antropometri responden (berat badan), pola pajanan (waktu pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan) dan menghitung estimasi pajanan gas CO terhadap para pekerja di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih.
3. Menganalisis nilai karakterisasi risiko kesehatan non karsinogenik pada para pekerja di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih terhadap pajanan gas CO.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

#### **1.4.1 Bagi Peneliti**

1. Meningkatkan pemahaman terkait dengan identifikasi bahaya di lingkungan kerja seperti salah satunya agen risiko kimia.
2. Meningkatkan kemampuan cara penulisan ilmiah dan berpikir kritis dalam merumuskan laporan.
3. Mengetahui prosedur pengukuran menggunakan alat ukur kualitas udara yakni pengukuran parameter CO di bengkel las.
4. Peneliti dapat melakukan analisis data dengan menggunakan berbagai *software* seperti *Microsoft excel* dan SPSS.
5. Mendapatkan pengalaman penelitian dan pengaplikasian ilmu pengetahuan semasa perkuliahan.



#### **1.4.2 Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat**

1. Penelitian dapat menjadi sumber referensi untuk akademik dalam mengembangkan ilmu dan teknologi di bidang kesehatan lingkungan.
2. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sarana informasi dan bahan pembuatan program yang bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat.

#### **1.4.3 Bagi Pekerja Bengkel Las**

1. Dapat menjadi informasi mengenai risiko kesehatan lingkungan di lingkungan kerja khususnya di bengkel las.
2. Dapat dijadikan upaya pencegahan dari faktor risiko di lingkungan kerja.

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

#### **1.5.1 Lingkup Lokasi**

Lingkup lokasi dalam penelitian ini yaitu di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih, Sumatera Selatan.

#### **1.5.2 Lingkup Materi**

Penelitian ini lingkup materinya adalah Ilmu Kesehatan Lingkungan mengenai konsentrasi pajanan CO terhadap para pekerja di bengkel las PT Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Kota Prabumulih dengan menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Mata kuliah yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu pencemaran udara, toksikologi lingkungan, analisis kualitas lingkungan, dan analisis risiko kesehatan lingkungan.

#### **1.5.3 Lingkup Waktu**

Ruang lingkup waktu pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

- |                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Juni-Oktober 2024        | : Pembuatan proposal skripsi      |
| Oktober - November 2024  | : Pengumpulan dan pengolahan data |
| November - Desember 2024 | : Penulisan hasil penelitian      |
| Januari 2025             | : Diseminasi hasil penelitian     |

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, U. F. 2014. *Dasar-Dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*, Jakarta, Rajawali Press.
- Ahmad, E. F., Yulizar, Y., Lestari, P., et al. Characteristics of Air Exposure in Welding Workshop Workers. *E3S Web of Conferences*, 2024. EDP Sciences, 07002.
- Amalia, R. D. 2017. Strategi Pengendalian Pencemaran Gas CO dari Aktivitas Transportasi di Kota Batu, Jawa Timur. *Surabaya: Institut Teknologi Bandung*.
- Anggelina, Y. K., Amalia, N., Anggraini, F. J., et al. 2022. Analisis Risiko Paparan Karbon Monoksida (CO) Terhadap Pedagang Pasar Tradisional Kota Jambi. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 8, 46-55.
- Agustina, D. P., Annisa, N., Riduan, R., et al. 2021. Konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida pada Ruas Jalan Kuin Utara dan Kuin Selatan Kota Banjarmasin. *Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 4, 21-32.
- Andriani, R., Nurhasanah, N. & Adriat, R. 2019. Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Kota Pontianak. *Prisma Fisika*, 7, 143-148.
- Aprilia, D. N., Nurjazuli, N. & Joko, T. 2017. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Gas Karbon Monoksida (CO) pada Petugas Pengumpul Tol di Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5, 367-375.
- ATSDR. 2012. *Toxicological Profile for Carbon Monoxide* [Online]. Tersedia: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=1145&tid=253> [Diakses 6 Agustus 2024].
- ATSDR. 2019. *Interaction Profiles for Toxic Substances Carbon Monoxide, Formaldehyde, Methylene Chloride, Nitrogen Dioxide, Tetrachloroethylene* [Online]. Tersedia: <https://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/ip12.html> [Diakses 7 Agustus 2024].
- ATSDR 2021. *Guidance for Inhalation Exposures*. Atlanta.
- Basri, S., Bujawati, E. & Amansyah, M. 2014. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Model Pengukuran Risiko Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan). *Jurnal Kesehatan*, 7.

- Berezutskyi, V., Khondak, I. & Berezutska, N. 2021. Determining the Dynamics of Carbon Monoxide Formation During Gas Welding Processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5, 113.
- Burhan, E. & Mukminin, U. 2020. A Systematic Review of Respiratory Infection Due to Air Pollution During Natural Disasters. *Medical Journal of Indonesia*, 29, 11-8.
- CARB. 2021. *Welding Emissions Activities* [Online]. Tersedia: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/welding-emissions-activities> [Diakses 28 Agustus 2024].
- Cahyani, M. T. & Pramana, A. N. 2022. Pengaruh Paparan Karbon Monoksida dan Karakteristik Individu Terhadap Kelelahan Kerja pada Pekerja Pengasapan Ikan di Kampung Ikan Asap Penatarsewu Kabupaten Sidoarjo. *Indonesian Journal of Health Community*, 3, 20-29.
- Chen, G., Guo, Y., Yue, X., et al. 2021. Mortality Risk Attributable to Wildfire-Related PM<sub>2,5</sub> Pollution: A Global Time Series Study in 749 Locations. *The Lancet Planetary Health*, 5, e579-e587.
- Choudhary, M. P. & Garg, V. Causes, Consequences and Control of Air Pollution. All India seminar on methodologies for air pollution control, held at MNIT, 2013.
- Damayanti, M. & Sofyan, O. 2022. Hubungan Tingkat Pendidikan Terhadap Tingkat Pengetahuan Masyarakat di Dusun Sumberan Sedayu Bantul Tentang Pencegahan Covid-19 Bulan Januari 2021. *Majalah Farmaseutik*, 18, 220-226.
- Dewanti, I.R. 2018. Identification of CO Exposure, Habits, COHb Blood and Worker's Health Complaints on Basement Waterplace Apartment, Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10, 59.
- Dirjen, P. P. 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*.
- DLH. 2023. Laporan Kajian Pemantauan Kualitas Udara Tahun 2023. Jakarta: Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta.
- EDGAR 2023. Ghg Emissions of All World Countries.

- Efelina, V., Fauji, N., Maulana, I., et al. 2021. Peran Respirator dalam Pencegahan Dampak Kesehatan Akibat Polusi Udara (Studi Kasus Desa Klari). *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 5, 539-541.
- EHRA 2012. *Environmental Health Risk Assessment Guideline for Assessing Human Health Risk from Environmental Hazards*.
- EPA. 2012. *Carbon Dioxide Emissions Associated with Bioenergy and Other Biogenic Sources* [Online]. Tersedia: <https://19january2017snapshot-epa.gov.translate.google.com/translate?sl=en&tl=id&hl=id&ptoc=tc> [Diakses 18 Agustus 2024].
- EPA. 2020. *Greenhouse Gas (Ghg) Emissions and Removals* [Online]. Tersedia: <https://www.epa.gov/ghgemissions> [Diakses 9 Agustus 2024].
- EPA. 2022. *Naaqs Table* [Online]. Tersedia: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table> [Diakses 13 Agustus 2024].
- EPA. 2023. *Exposure Assessment Tools by Routes - Inhalation* [Online]. Tersedia: <https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-routes-inhalation#calculations> [Diakses 18 Agustus 2024].
- EPA. 2024. *Basic Information About Carbon Monoxide (Co) Outdoor Air Pollution* [Online]. Tersedia: <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#What%20is%20CO> [Diakses 24 Juli 2024].
- Faisya, A. F., Putri, D. A. & Ardillah, Y. 2019. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>s) Dan Ammonia (Nh<sub>3</sub>) Pada Masyarakat Wilayah Tpa Sukawinatan Kota Palembang Tahun 2018. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 18, 126-137.
- Faiz, S. A., Firdani, F. & Rahmah, S. P. 2021. Analisis Risiko Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) pada Pedagang di Sepanjang Jalan Depan Pasar Bandar Buat Kota Padang Tahun 2021. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan*, 2, 71-82.
- Febrianto, A. A., Sujoso, A. D. P. & Hartanti, R. I. 2015. Hubungan antara Karakteristik Individu, Paparan Debu Asap Las (Welding Fume) dan Gas

- Karbon Monoksida (CO) dengan Gangguan Faal Paru pada Pekerja Bengkel Las (Studi di Kelurahan Ngagel Kecamatan Wonokromo Surabaya) the Correlation between Individual Characteristic, Exposure of Welding Fumes and Carbon Monoxide with Pulmonary Function Disorder of Welding Workers (Study in Ngagel Village, Wonokromo Sub District, Surabaya). *Pustaka Kesehatan*, 3, 515-521.
- Gunasekaran, A. P., Chockalingam, M. P., Santhappan, J. S., et al. 2024. Performance and Environmental Sustainability Studies on a Dual-Fuel Ic Engine Working with Producer Gas of Variable Calorific Values from Rural Biomass. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
- Hazsya, M., Nurjazuli, N. & Dangiran, H. L. 2018. Hubungan Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Faktor-Faktor Resiko dengan Konsentrasi Cobh Dalam Darah pada Masyarakat Beresiko di Sepanjang Jalan Setiabudi Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 6, 241-250.
- Helmy, R. 2019. Hubungan Paparan Debu dan Karakteristik Individu dengan Status Faal Paru Pedagang di Sekitar Kawasan Industri Gresik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11, 132-140.
- Hodijah, N., Amin, B. & Mubarak, M. 2014. Estimasi Beban Pencemar Dari Emisi Kendaraan Bermotor Di Ruas Jalan Kota Pekanbaru. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 1, 71-79.
- IARC 2015. *Outdoor Air Pollution*, Prancis, IARC.
- IARC. 2016. *Polusi Udara Luar Ruangan* [Online]. Tersedia: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK368029/> [Diakses 03 September 2024].
- Indonesia 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Inne, I. P. & Hasbiah, A. W. 2023. *Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Faktor Meteorologi Dengan Konsentrasi Parameter CO, TSP, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan Pb Di Kabupaten Bandung Barat*. Fakultas Teknik Unpas.
- IPCS, W. 2021. *Who Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards*, World Health Organization.

- IQAir. 2022. *Bagaimana Angin Dan Cuaca Mempengaruhi Polusi Udara* [Online]. Tersedia: <https://www.iqair.com/id/newsroom/wind-weather-air-pollution> [Diakses 26 Maret 2024].
- Jensen, M. D. 2008. Role of Body Fat Distribution and the Metabolic Complications of Obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 93, s57-s63.
- Karimi Zeverdegani, S., Mehrifar, Y., Faraji, M., et al. 2017. Occupational Exposure to Welding Gases During Three Welding Processes and Risk Assessment by Sqrca Method. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 6, 144-149.
- Kemenaker 2018. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. Jakarta.
- Kemenkes 2023. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Jakarta.
- KepmenLHK 2019. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup 2019.
- KepmenLHK 2021. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 11 Tahun 2021 Tentang Baku Mutu Emisi Mesin dengan Pembakaran Dalam. Republik Indonesia.
- Kurniati, et al. 2018. Keperawatan Gawat Darurat dan Bencana. *Singapore: Elsevier Pte Ltd*
- Lestari, A. 2021. Analisis Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan CO pada Pedagang di Pasar Kebalen Kota Malang. *Media Husada Journal Of Environmental Health Science*, 1, 1-6.
- Lumowa, Y. R. & Rayanti, R. E. 2024. Pengaruh Usia Lanjut Terhadap Kesehatan Lansia. *Jurnal Keperawatan*, 16, 363-372.
- Mehrifar, Y., Mohebian, Z. & Bidel, H. 2020. Exploring the Risk of Welders Exposure to the Gases and Metal Fumes in a Shipbuilding Industry: A Case Study.
- Musfirah, A. F. R. & Bahagiana, L. M. 2020. Environmental Health Risk Analysis of Carbon Monoxide Exposure among High Activity Communities Along

- “X” Street, Yogyakarta. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 11, 2170-2175.
- Nukman, A., Rahman, A., Warouw, S., Setiadi, M. I. & Akib, C. R. 2005. Analisis Dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi. *Indonesian Journal of Health Ecology*, 4, 78179.
- Ojima, J. 2013. Generation Rate of Carbon Monoxide from CO<sub>2</sub> Arc Welding. *Journal of occupational health*, 55, 39-42.
- OSHA. 2012. *Controlling Hazardous Fume and Gases During Welding* [Online]. Tersedia: [https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA\\_FS-3647\\_Welding.pdf](https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA_FS-3647_Welding.pdf) [Diakses 20 Agustus 2024].
- OSHA. 2020. *Welding, Cutting, and Brazing* [Online]. Tersedia: <https://www.osha.gov/welding-cutting-brazing> [Diakses 06 Agustus 2024].
- Pamungkas, R. E., Sulistyani, S. & Rahardjo, M. 2017. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Akibat Paparan Karbon Monoksida (CO) Melalui Inhalasi pada Pedagang di Sepanjang Jalan Depan Pasar Projo Ambarawa Kabupaten Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5, 824-831.
- Putri, D. A., Rosyada, A., Lionita, W., et al. 2024. Gangguan Kesehatan Akibat Paparan Karbon Monoksida pada Penjual Sate di Pinggir Jalan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 13, 123-130.
- Prabowo, K. & Muslim, B. 2018. Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Penyehatan Udara. *Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*.
- Qld. 2017. *Meteorological Factors* [Online]. Tersedia: <https://www.qld.gov.au/environment/management/monitoring/air/air-monitoring/meteorology-influence/meteorology-factors> [Diakses 23 Agustus 2024].
- Raharnata, V. G. W. 2021. Rancang Bangun Pemantauan Pencemaran Udara Menggunakan Autonomous Waypoint Quadcopter. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12, 94-99.

- Rizaldi, M. A., Azizah, R., Latif, M. T., et al. 2022. Literature Review: Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21, 253-265.
- Rosyada, A., Lionita, W., Hepiman, F., et al. 2022. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Karbon Monoksida (CO) Pada Pedagang Sate di Palembang. *Jurnal kesehatan komunitas (Journal of community health)*, 8, 135-140.
- Saidal Siburian, M. & Mar, M. 2020. *Pencemaran Udara Dan Emisi Gas Rumah Kaca*, Kreasi Cendekia Pustaka.
- Sinaga, S., Sudarno, S. & Handayani, D. S. 2013. *Pengaruh Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Jalan Pandanaran Kawasan Simpang Lima, Kota Semarang*. Diponegoro University.
- Singh, V., Buelens, L. C., Poelman, H., et al. 2022. Upcycling the Carbon Emissions from the Steel Industry into Chemicals Using Three Metal Oxide Loops. *Energy Advances*, 1, 367-384.
- SNI 2005. Standar Nasional Indonesia 19-0232-2005 Tentang Standar Nilai Ambang Kimia di Udara Kerja. Jakarta.
- SNI 2009. Standar Nasional Indonesia 7230:2009 Tentang Teknik Penentuan Titik Pengambilan Sampel Udara di Tempat Kerja. Jakarta.
- Sun, Y. 2020. Impact of Wind Speed on Air Pollution and Its Implications for Human Health: A Case Study in Beijing. *Atmospheric Environment*, 226.
- Sutiawan, A. 2016. Hubungan Faktor Meteorologi Terhadap Tingkat Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Jalan Kotapontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 4.
- Vo, T. T. T., Vo, Q. C., Tuan, V. P., et al. 2021. The Potentials of Carbon Monoxide-Releasing Molecules in Cancer Treatment: An Outlook from Ros Biology and Medicine. *Redox Biology*, 46, 102124.
- Wardoyo, A. Y. P. 2016. *Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor Dan Dampak Kesehatan*, Universitas Brawijaya Press.



- WHO. 2019. *Air Pollution* [Online]. Tersedia: [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1) [Diakses 6 Agustus 2024].
- WHO. 2021. *What Are the Who Air Quality Guidelines?* [Online]. Tersedia: [https://www-who-int.translate.goog/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www-who-int.translate.goog/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc) [Diakses 04 Agustus 2024].
- WHO. 2022. *Ambient (Outdoor) Air Pollution* [Online]. Tersedia: [https://www-who-int.translate.goog/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www-who-int.translate.goog/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc) [Diakses 5 Agustus 2024].
- Wulandari, R., Setiani, O. & Dewanti, N. A. Y. 2017. Hubungan Masa Kerja Terhadap Gangguan Fungsi Paru pada Petugas Penyapu Jalan di Protokol 3, 4 dan 6 Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3, 797-806.
- Quecke, E., Quemerais, B. & Hashisho, Z. 2023. Review of Welding Fume Emission Factor Development. *Annals of Work Exposures and Health*, 67, 675-693.
- Ya'kut, H. A., Wardoyo, A. Y. P. & Dharmawan, H. A. 2010. *Rancang Bangun Sistem Pengukur Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Sensor Mq-7 Berbasis Mikrokontroler Atmega 16a*. Brawijaya University.
- Yuda, F. R., Gusdini, N. & Pratiwi, R. 2020. Pola Sebaran Gas Karbon Monoksida (CO) Polutan di Kecamatan Bogor Tengah. *GEOPLANART*, 3, 15-29.
- Zhang 2018. Sources of Particulate Matter and Its Impact on Human Health: A Review." *Environmental International*, 115, 188-199.