

TUGAS AKHIR

MONITORING PENGUKURAN KARBON MONOKSIDA (CO) PADA AREA OPERASIONAL PROYEK JALAN TOL



M. Dirga Irmantiar

2022240035

**PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN
KERJA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI
2026**

TUGAS AKHIR

MONITORING PENGUKURAN KARBON MONOKSIDA (CO) PADA AREA OPERASIONAL PROYEK JALAN TOL

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (S.Tr.KKK) pada Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri.



M. Dirga Irmantiar

2022240035

**PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATA KERJA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI**

2026

HALAMAN PENGESAHANAN

TUGAS AKHIR

MONITORING PENGUKURAN KARBON MONOKSIDA (CO) PADA AREA OPERASIONAL PROYEK JALAN TOL

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan
Keselamatan dan Kesehatan Kerja (S.Tr.KKK) pada Program Studi Keselamatan
dan Kesehatan Kerja, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri.

Disusun oleh:

M. Dirga Irmantiar

2022240035

Palembang, 21 Juni 2026

Ketua Program Studi K3

Dekan Fakultas Teknik

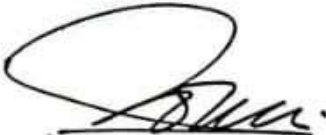
FAKULTAS TEKNIK



UIGM

Dr. Eng. Utari Sriwijaya Minaka, S.T., M.Eng

NIDN. 0230078903



Avicenna, Ph.D.

NIDN. 0212118701

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

MONITORING PENGUKURAN KARBON MONOKSIDA (CO) PADA AREA OPERASIONAL PROYEK JALAN TOL

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan
Keselamatan dan Kesehatan Kerja (S.Tr.KKK) pada Program Studi Keselamatan
dan Kesehatan Kerja, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri.

Disusun Oleh:

M. Dirga Irmantiar

2022240035

Palembang, 21 Juni 2026

Dosen Pembimbing I



Dr. Imron, S.Pd., M.Si

NIDN. 0215128902

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. Ir Agus Geter Edy Sutjipto M, Eng

NIDN. 0227086402

Mengetahui

Ketua Program Studi K3



Avicenna, Ph.D

NIDN. 2023010342

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya ilmiah ini berupa Laporan Tugas Akhir oleh :

Nama : M. Dirga Imantiar

NPM : 2022240035

Judul : Monitoring Pengukuran Karbon Monoksida (CO) pada Area Operasional Proyek Jalan Tol

telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri pada tanggal 15 Juli 2026

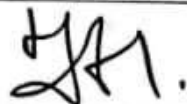
Palembang, 21 Juli 2026

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua

Nama : Samat, S.Si., M.Si NIDN : 0229127202		Tanggal : 21 Juli 2026
--	--	---------------------------

Anggota

Nama : Avicenna, PhD. NIDN : 0212118701		Tanggal : 21 Juli 2026
Nama : Dr. Imron, S.Pd., M.Si NIDN : 0215128902		Tanggal : 21 Juli 2026

Palembang, 21 Juli 2026
Ketua Program Studi K3


Avicenna, Ph.D.
NIDN.0212118701

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

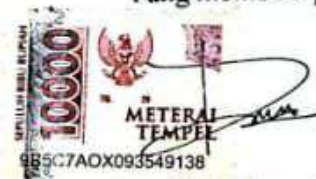
Nama : M. Dirga Irmantiar

NPM 2022240035

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul: *Monitoring Pengukuran Karbon Monoksida (CO) pada Area Operasional Proyek Jalan Tol.*

tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya/pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Acuan/Daftar Pustaka. Apabila ditemukan suatu jiplakan/plagiat, maka saya bersedia menerima akibat berupa sanksi akademis dan sanksi lain yang diberikan oleh yang berwenang sesuai ketentuan, peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Palembang, 21 Juli 2026
Yang membuat pernyataan



M. Dirga Irmantiar
NPM. 2022240035

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Dirga Irmantiar
NPM 2022240035

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Dosen Pembimbing dan Universitas Indo Global Mandiri (UGM) Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif karya ilmiah saya yang berjudul: "*Monitoring Pengukuran Karbon Monoksida (CO) Pada Area Operasional Proyek Jalan Tol*". beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UGM berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan saya tanda tangani secara sadar dan sebenarnya, untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, 21 Juli 2026
embuat pernyataan



M. Dirga Irmantiar
NPM. 2022240035

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : M. Dirga Irmantiar
NPM : 2022240035
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 01 Januari 2005
Nama Orang Tua : Chairul Fajrie S.T
Umayah S.Pd.

Riwayat Pendidikan :

2019-2022 : SMK Negeri 5 Palembang

2016-2019 : SMP Negeri 33 Palembang

2010-2016 : SD Negeri 18 Palembang

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Monitoring Pengukuran Karbon Monoksida (CO) pada Area Operasional Proyek Jalan Tol**". Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan perjalanan yang penuh pembelajaran, tantangan, dan pengalaman berharga. Setiap proses yang dilalui memberikan banyak pelajaran, baik dari sisi akademik maupun pengembangan diri. Berkat doa, dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak, seluruh rangkaian penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Imron, S.Pd., M.Si yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Kesabaran dan dedikasi beliau menjadi bekal yang sangat berharga bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa yang tidak pernah putus, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta kepercayaan kepada penulis untuk terus melangkah dan menyelesaikan pendidikan ini. Tanpa doa dan pengorbanan mereka, pencapaian ini tidak akan terwujud.
3. Teman-teman seperjuangan yang telah menjadi bagian dari perjalanan ini. Terima kasih atas setiap bantuan, diskusi, kritik, saran, canda tawa, dan kebersamaan yang membuat proses penyusunan Tugas Akhir menjadi lebih ringan dan bermakna.
4. Diri sendiri yang memilih untuk tetap bertahan ketika keadaan terasa sulit, tetap bangkit ketika hasil belum sesuai harapan, dan terus melangkah meskipun prosesnya tidak selalu mudah. Terima kasih telah percaya bahwa

setiap usaha yang dilakukan dengan sungguh-sungguh akan menemukan jalannya.

5. *Spotify* yang tanpa disadari telah menjadi teman di balik layar selama proses penyusunan Tugas Akhir. Dari alunan musik yang menemani pagi, siang, hingga larut malam, setiap *playlist* menjadi penyemangat untuk tetap fokus, tetap tenang, dan terus mengetik hingga setiap halaman akhirnya terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan pada masa mendatang. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai *monitoring* konsentrasi karbon monoksida pada lingkungan kerja.

Penulis,

Palembang, 14 Juli 2026

ABSTRAK

Karbon monoksida (CO) merupakan gas berbahaya hasil pembakaran tidak sempurna yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja, terutama di lingkungan proyek konstruksi yang menggunakan alat berat dan kendaraan operasional. Penelitian ini bertujuan melakukan pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO), menganalisis pola dan kecenderungan perubahan konsentrasi, mengevaluasi hasil pengukuran berdasarkan Nilai Ambang Batas (NAB), serta memberikan rekomendasi pengendalian pada area operasional Proyek Jalan Tol. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan sistem *monitoring* berbasis *Internet of things (IoT)* yang terdiri atas mikrokontroler ESP32 dan sensor MQ-9. Pengukuran dilakukan pada area vakum, area parkir, dan area *workshop* selama jam kerja, kemudian dianalisis menggunakan nilai rata-rata dan grafik tren. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CO mengalami fluktuasi sesuai intensitas aktivitas alat berat, kendaraan operasional, dan kondisi lingkungan. Rata-rata konsentrasi CO tertinggi terdapat pada area parkir, sedangkan area *workshop* memiliki rata-rata terendah. Konsentrasi tertinggi yang tercatat selama penelitian sebesar 18,27 ppm, masih berada di bawah Nilai Ambang Batas 25 ppm sesuai Permenaker Nomor 5 Tahun 2018. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh lokasi penelitian masih memenuhi standar keselamatan dan kesehatan kerja, meskipun terdapat kecenderungan peningkatan konsentrasi pada periode aktivitas operasional yang tinggi. Pengendalian yang direkomendasikan meliputi perawatan rutin alat berat dan kendaraan, pengaturan lalu lintas operasional, pemantauan kualitas udara secara berkala, serta penguatan pengendalian administratif sebagai upaya pencegahan paparan karbon monoksida di lingkungan kerja.

Kata kunci: ESP32, *Internet of things*, karbon monoksida, keselamatan dan kesehatan kerja, MQ-9, proyek konstruksi.

ABSTRACT

Carbon monoxide (CO) is a hazardous gas produced by incomplete combustion that may pose health risks to workers, particularly in construction projects involving heavy equipment and operational vehicles. This study aimed to measure carbon monoxide (CO) concentrations, analyze concentration patterns and trends, evaluate the measurement results based on the Occupational Exposure Limit (OEL), and provide control recommendations for the operational areas of the Toll Road Project. This research employed a quantitative descriptive method using an Internet of things (IoT)-based monitoring system consisting of an ESP32 microcontroller and an MQ-9 gas sensor. Measurements were conducted in the vacuum area, parking area, and workshop area during working hours. The collected data were analyzed using average values and trend graphs. The results indicated that CO concentrations fluctuated according to the intensity of heavy equipment operation, vehicle activity, and environmental conditions. The highest average CO concentration was observed in the parking area, while the workshop recorded the lowest average concentration. The highest recorded CO concentration during the study was 18.27 ppm, which remained below the Occupational Exposure Limit of 25 ppm stipulated in the Indonesian Minister of Manpower Regulation No. 5 of 2018. The evaluation showed that all measurement locations complied with occupational safety and health standards, although increasing concentration trends were observed during periods of intensive operational activities. Recommended control measures include routine maintenance of heavy equipment and vehicles, improved operational traffic management, periodic air quality monitoring, and strengthened administrative controls to minimize occupational exposure to carbon monoxide.

Keywords: carbon monoxide, construction project, ESP32, Internet of things, MQ-9, occupational safety and health.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1. Manfaat Teoritis	4
1.4.2. Manfaat Praktis	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja	8
2.2. Karbon Monoksida di Lingkungan Kerja.....	9
2.2.1. Definisi dan Dampak Karbon Monoksida.....	10
2.2.2. Karbon Monoksida dan Risiko di Tempat Kerja Konstruksi.....	10
2.3. <i>Monitoring</i> Gas Karbon Monoksida Berbasis Iot	11
2.3.1. Konsep IoT Untuk Pemantauan Gas Karbon Monoksida	11
2.3.2. IoT Pemantauan Kadar CO dan Implementasi Manajemen.....	12

2.4.	Penerapan Teknologi Dalam Pengendalian Keselamatan	12
2.4.1.	Evaluasi Data dan Analisis Lapangan.....	13
2.4.2.	Integrasi IoT Untuk Kontrol Peringatan Dini	14
2.5.	Nilai Ambang Batas Gas Karbon Monoksida	14
2.5.1.	Nilai Ambang Batas Karbon Monoksida dan Implementasi.....	15
2.6.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konsentrasi Karbon Monoksida ...	15
2.7.	Pengendalian Risiko Paparan Gas Karbon Monoksida	18
2.7.1.	Pengendalian Risiko Kadar CO dalam Manajemen Risiko K3	19
2.8.	Lingkungan Kerja dan Faktor Fisika	20
2.9.	Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III	METODE PENELITIAN	25
3.1.	Pengorganisasian Penelitian	25
3.2.	Desain dan Jenis Penelitian	26
3.3.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	27
3.4.	Alat dan Bahan Penelitian	28
3.4.1.	Alat Penelitian.....	28
3.4.2.	Bahan Penelitian.....	30
3.4.3.	Spesifikasi Sistem <i>Monitoring</i>	31
3.5.	Jenis Data	32
3.5.1.	Data Primer	32
3.5.2.	Data Sekunder	32
3.6.	Metode Pengumpulan Data	33
3.7.	Metode Analisis Data	35
3.7.1.	Metode Analisis Data.....	35
3.7.2.	Perhitungan Nilai Rata-Rata	36
3.7.3.	Penyusunan Grafik Tren	36
3.7.4.	Interpretasi Hasil	37
3.8.	Jadwal Penelitian	37
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1.	Pendahuluan	39
4.1.1.	Lokasi Pengukuran Area Vakum	39
4.1.2.	Lokasi Pengukuran Area Parkir	41
4.1.3.	Lokasi Pengukuran Area <i>Workshop</i>	42
4.2.	Hasil Pengukuran	44

4.2.1.	Hasil Pengukuran Area Vacum Hari Pertama.....	44
4.2.2.	Hasil Pengukuran Area Vacum Hari Kedua	45
4.2.3.	Hasil Pengukuran Area Vacum Hari Ketiga	47
4.2.4.	Hasil Pengukuran Area Parkir.....	49
4.2.5.	Hasil Pengukuran Area <i>Workshop</i>	51
4.3.	Pembahasan Hasil Pengukuran	53
4.3.1.	Pembahasan Hasil Pengukuran Area Vacum Hari Pertama-Ketiga	53
4.3.2.	Pembahasan Hasil Pengukuran Area Parkir.....	59
4.3.3.	Pembahasan Hasil Pengukuran Area <i>Workshop</i>	62
4.4.	Evaluasi Kecenderungan Distribusi Konsentrasi Karbon Monoksida Berdasarkan Nilai Ambang Batas	64
4.4.1.	Distribusi Rata-Rata Konsentrasi Karbon Monoksida Pada Area Operasional Proyek	64
4.4.2.	Evaluasi Kecenderungan Distribusi Konsentrasi Karbon Monoksida Berdasarkan Nilai Ambang Batas	68
4.5.	Rekomendasi Pengendalian Berdasarkan Hasil Evaluasi Konsentrasi Karbon Monoksida.....	72
4.5.1.	Potensi Risiko Kesehatan Akibat Paparan Karbon Monoksida	72
4.5.2.	Prioritas Pengendalian Berdasarkan Lokasi Pengukuran.....	74
4.5.3.	Pengendalian Keselamatan dan Kesehatan Kerja	75
4.6.	Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu	81
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1.	Kesimpulan.....	86
5.2.	Saran	87
5.2.1.	Bagi Perusahaan	87
5.2.2.	Bagi Pekerja	88
5.2.3.	Bagi Peneliti Selanjutnya	89
DAFTAR PUSTAKA		90
LAMPIRAN.....		94

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Ambang Batas Karbon Monoksida	15
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	21
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	38
Tabel 4. 1 Pengukuran Hari Pertama	44
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Hari Kedua.....	46
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Hari Ketiga	48
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Area Parkir.....	50
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Area <i>Workshop</i>	52
Tabel 4. 6 Rata-Rata Konsestrasi CO	64
Tabel 4. 7 Pengendalian Area Vakum.....	76
Tabel 4. 8 Pengendalian Parkir	77
Tabel 4. 9 Pengendalian <i>Workshop</i>	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Flowchart Organization Of The Research.....	25
Gambar 3. 2 ESP 32	28
Gambar 3. 3 Sensor MQ-9	29
Gambar 3. 4 Power Supply	29
Gambar 3. 5 Kotak Pelindung.....	30
Gambar 3. 6 Flowchart Pengukuran.....	34
Gambar 4. 1 Lokasi Vakum	39
Gambar 4. 2 Lokasi Parkir	41
Gambar 4. 3 Lokasi <i>Workshop</i>	42
Gambar 4. 4 Area Vakum Hari Pertama-Ketiga	53
Gambar 4. 5 Area Parkir	59
Gambar 4. 6 Area <i>Workshop</i>	62
Gambar 4. 7 Rata-Rata Harian	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Penerimaan	94
Lampiran 2 Formulir Bimbingan	95
Lampiran 3 Lokasi Pengukuran	96
Lampiran 4 Saat Pengukuran	96
Lampiran 5 Saat Pengukuran	96
Lampiran 6 Gambaran Lokasi Pengukuran.....	96
Lampiran 7 Pengukuran	96
Lampiran 8 Lokasi Parkir.....	96
Lampiran 9 Pengukuran di Workshop	97
Lampiran 10 Gambaran Lokasi Workshop	97
Lampiran 11 Konsentrasi Karbon Monoksida Hari Pertama	97
Lampiran 12 Konsentrasi Karbon Monoksida Hari Kedua.....	98
Lampiran 13 Konsentrasi Karbon Monoksida Hari Ketiga	98
Lampiran 14 Konsentrasi Karbon Monoksida Area Parkir.....	99
Lampiran 15 Konsentrasi Karbon Monoksida Area Workshop.....	99