

SKRIPSI
RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI GAS KARBON MONOKSIDA
(CO) PADA HELM SAFETY DENGAN METODE PROTOTYPING
UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
(K3)

(STUDI KASUS : Bagian Peleburan, PT. XYZ, Klaten)

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun Oleh :

Nama Lengkap : Ananda Muhammad Akbar

NIM : 21106060017

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1068/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Sistem Deteksi Gas Karbon Monoksida (CO) pada Helm Safety dengan Metode Prototyping untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) (Studi Kasus : Bagian Peleburan, PT. XYZ, Klaten)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANANDA MUHAMMAD AKBAR
Nomor Induk Mahasiswa : 21106060017
Telah diujikan pada : Senin, 02 Juni 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Ir. Taufiq Aji, S.T. M.T., IPM.
SIGNED

Valid ID: 684a3494e09a4



Penguji I
Syaeiful Arief, S.T., M.T.
SIGNED

Valid ID: 684ac607068ab



Penguji II
Ni Kadek Pujiani Dewi, M.ERG.
SIGNED

Valid ID: 684ac1262495d



Yogyakarta, 02 Juni 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 684b7ea2299b6

SURAT KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ananda Muhammad Akbar

NIM : 21106060017

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul: Rancang Bangun Sistem Deteksi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Helm *Safety* dengan Metode *Prototyping* Untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) (Studi Kasus : Bagian Peleburan, PT. XYZ, Klaten) adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagian dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 22 Mei 2025

Yang menyatakan,



Ananda Muhammad Akbar

NIM : 21106060017

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi, serta mengadakan perbaikan seperlunya maka, kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Ananda Muhammad Akbar

NIM : 21106060017

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Deteksi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Helm *Safety* dengan Metode *Prototyping* Untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) (Studi Kasus : Bagian Peleburan, PT. XYZ, Klaten)

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 23 Mei 2025
Dosen Pembimbing Skripsi,



Ir. Taufiq Aji, S.T., M.T., IPM.
NIP : 19800715 200604 1 002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

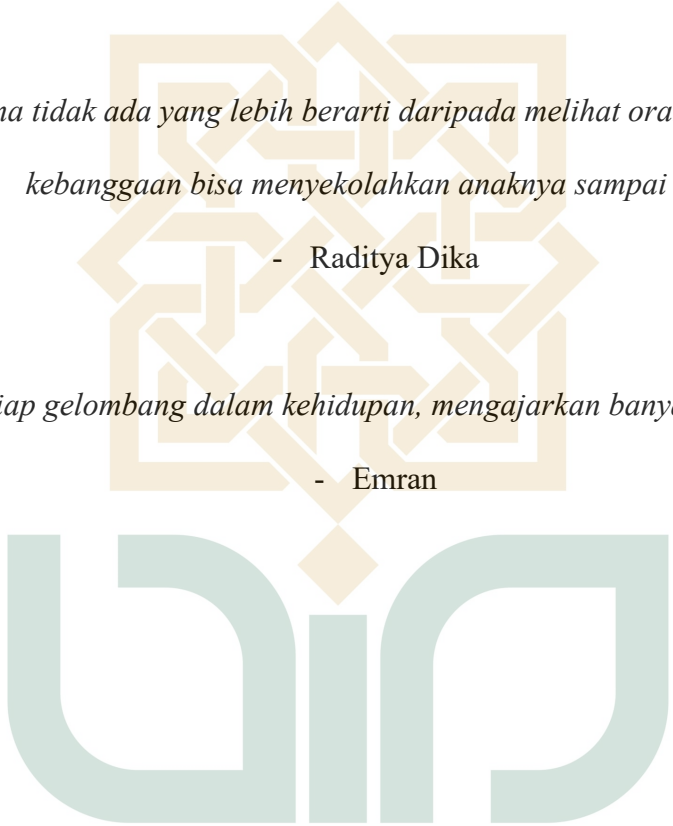
- (QS. Al-Baqarah : 286)

“Karena tidak ada yang lebih berarti daripada melihat orang tua punya kebanggaan bisa menyekolahkan anaknya sampai S1”

- Raditya Dika

“Setiap gelombang dalam kehidupan, mengajarkan banyak pelajaran”

- Emran



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan akhir dari perjalanan akademik penulis selama empat tahun di Program Studi Teknik Industri, UIN Sunan Kalijaga. Keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, doa, dan pengorbanan berbagai pihak yang telah mendampingi penulis. Oleh karena itu, dengan penuh hormat dan terima kasih, skripsi ini dipersembahkan kepada:

1. Bapak Ir. Taufiq Aji, S.T., M.T., IPM. selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, masukan berharga, serta ilmu pengetahuan sejak awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa tanpa henti, kasih sayang, serta dukungan moral dan materi yang tak ternilai harganya.
3. Kakak-kakak tersayang, yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dan perhatian di tengah kesibukan masing-masing.
4. Ibu Herninanjati Paramawardhani, M.Sc. selaku Kepala Program Studi Teknik Industri, yang telah memberikan arahan, motivasi, dan dukungan selama masa perkuliahan.
5. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Industri, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, dan pengalaman berharga selama menempuh studi.
6. PT. XYZ, yang telah memberikan kesempatan, waktu, serta fasilitas sebagai lokasi penelitian.

7. Pemilik NIM 21106060007, yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan sejak awal perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat kontrakan new saga, yang telah kebersamai penulis dalam dua tahun terakhir selama perkuliahan.
9. Rekan-rekan asisten praktikum statistika, yang telah bekerja sama dan saling *support* selama dua tahun mengampu praktikum.
10. Teman-teman Teknik Industri Angkatan 2021 (Thunder), yang telah menjadi rekan seperjuangan selama perkuliahan.



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Rancang Bangun Sistem Deteksi Gas Karbon Monoksida (CO) pada Helm *Safety* dengan Metode Prototyping untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) (Studi Kasus: Bagian Produksi, PT. XYZ, Klaten)". Penelitian ini di latar belakang adanya risiko bahaya paparan gas CO terhadap pekerja peleburan di PT. XYZ yang dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat mendeteksi keberadaan gas CO secara tepat dan cepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem deteksi gas CO pada helm *safety* menggunakan metode *prototyping*, yang dapat memberikan informasi dan peringatan secara *real-time* ketika kadar CO melebihi ambang batas. Hasil menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dalam mendeteksi CO dan memberikan peringatan dini kepada pengguna.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak keterbatasan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran untuk perbaikan ke depannya. Semoga skripsi ini dapat menjadi referensi dan memberikan manfaat, khususnya dalam pengembangan teknologi keselamatan kerja.

Yogyakarta, 22 Mei 2025

Ananda Muhammad Akbar

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
SURAT KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pertanyaan Penelitian.....	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Penelitian.....	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Landasan Teori	11

2.2.1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).....	11
2.2.2. <i>Internet of Things</i> (IoT)	12
2.2.3. <i>Prototyping</i>	13
2.2.4. Karbon Monoksida (CO)	14
2.2.5. Mikrokontroler.....	15
2.2.6. Sensor.....	16
2.2.7. Visual Studio Code (VS Code)	18
2.2.8. Aplikasi Blynk.....	19
2.2.9. Helm <i>Safety</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Objek Penelitian.....	21
3.2. Metode Pengumpulan Data.....	21
3.3. Uji Validitas.....	24
3.4. Variabel Penelitian.....	26
3.5. Model Analisis.....	26
3.6. Diagram Alir.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Gambaran Umum Proses Produksi Perusahaan.....	34
4.2. Hasil Analisis.....	37
4.2.1. Analisis Kebutuhan.....	37
4.2.2. Perancangan.....	42

4.2.3. Evaluasi Prototipe.....	55
4.2.4. Mengkodekan Sistem.....	56
4.2.5. Pengujian Sistem	61
4.2.6. Evaluasi Sistem.....	72
4.2.7. Implementasi.....	74
4.3. Pembahasan	76
4.4. Implikasi Manajerial.....	78
BAB V PENUTUP.....	79
5.1. Kesimpulan.....	79
5.2. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	85

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
 YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kasus Kecelakaan Kerja Akibat CO	1
Tabel 4. 1 Kebutuhan Pengguna.....	38
Tabel 4. 2 APD PT. XYZ.....	38
Tabel 4. 3 Kebutuhan Software	40
Tabel 4. 4 Kebutuhan Hardware.....	40
Tabel 4. 5 Kebutuhan Alat dan Bahan.....	41
Tabel 4. 6 Bobot Kriteria Pemilihan Alternatif Desain	46
Tabel 4. 7 Hasil Penilaian Pemilihan Desain Alternatif.....	48
Tabel 4. 8 Konfigurasi Pin Antar Komponen dan ESP32	52
Tabel 4. 9 Pengujian Fungsionalitas Dengan Black-box Testing.....	61
Tabel 4. 10 Hasil Uji Banding Akurasi Sensor	71
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran Berat Helm	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Karakteristik Sensitivitas MQ-7	17
Gambar 3. 1. Diagram <i>Use Case</i> Sistem Deteksi Gas CO.....	30
Gambar 3. 2 Diagram Alir.....	31
Gambar 4. 1 Alur Proses Produksi PT. XYZ	34
Gambar 4. 2 Desain Alternatif 1 Sistem Deteksi CO pada Helm Safety	43
Gambar 4. 3 Desain Alternatif 2 Sistem Deteksi CO pada Helm Safety	45
Gambar 4. 4 Blok Diagram.....	49
Gambar 4. 5 Alur Kerja Sistem Deteksi Gas CO	50
Gambar 4. 6 Skema Komponen Sistem Deteksi Gas CO	51
Gambar 4. 7 Rancangan Tampilan Monitoring Pada LCD	53
Gambar 4. 8 Rancangan Tampilan Monitoring Blynk	53
Gambar 4. 9 Hasil Perakitan Komponen Sistem Deteksi Gas CO.....	54
Gambar 4. 10 Rangkaian Komponen Tampak Dalam.....	55
Gambar 4. 11 Rangkaian Komponen Tampak Luar.....	55
Gambar 4. 12 Tampilan Setelah Membuat New Project.....	56
Gambar 4. 13 Coding Import Library	57
Gambar 4. 14 Coding Definisi Sensor, Buzzer, Inisialisasi LCD, dan Konstanta Sensor MQ-7	57
Gambar 4. 15 Coding Setup WiFi dan Blynk	58
Gambar 4. 16 Coding Pembacaan Sensor	58
Gambar 4. 17 Coding Setup LCD dan Buzzer	59
Gambar 4. 18 Coding Tampilan Konsentrasi CO Pada Serial Monitor dan LCD	60

Gambar 4. 19 Coding Notifikasi Pada Blynk, LCD, dan Peringatan Suara Buzzer	60
Gambar 4. 20 Kondisi Sistem Saat Dinyalakan	63
Gambar 4. 21 Tampilan LCD Saat Sistem Terhubung WiFi	64
Gambar 4. 22 Indikator Hijau Blynk Saat Terhubung	64
Gambar 4. 23 Titik Perpotongan Grafik Sensor MQ-7	65
Gambar 4. 24 Nilai Titik Perpotongan Garis Berdasarkan Grafik Gas CO	65
Gambar 4. 25 Hasil Pembacaan Sensor pada Terminal VS Code	67
Gambar 4. 26 Tampilan LCD Ketika $CO \leq 25$ ppm	68
Gambar 4. 27 Tampilan LCD Ketika $CO > 25$ ppm	68
Gambar 4. 28 Tampilan Blynk	69
Gambar 4. 29 Notifikasi Blynk Ketika $CO > 25$ ppm	69
Gambar 4. 30 Variabel dan Inisialisasi Perbaikan Suara Buzzer	73
Gambar 4. 31 Perbaikan Program Logika Suara Buzzer	73
Gambar 4. 32 Tampilan Akhir Sistem Deteksi CO Pada Helm Safety	74

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : *DATASHEET*

Lampiran 1. 1 Datasheet Sensor MQ-7.....L-1

LAMPIRAN 2 : KODE PEMOGRAMAN

Lampiran 2. 1 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Alternatif Desain 1.....L-4

Lampiran 2. 2 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Alternatif Desain 2.....L-4

Lampiran 2. 3 Coding Sistem Deteksi CO Sebelum Perbaikan.....L-5

Lampiran 2. 4 Coding Sistem Deteksi CO Setelah Perbaikan.....L-8

LAMPIRAN 3 : DOKUMENTASI

Lampiran 3. 1 Observasi dan Wawancara.....L-10

Lampiran 3. 2 Pengujian Fungsionalitas Dengan Paparan Asap Rokok.....L-11

Lampiran 3. 3 Pengujian Akurasi.....L-11

Lampiran 3. 4 Pengukuran Berat Helm.....L-11

Lampiran 3. 5 Implementasi Penggunaan.....L-12

Lampiran 3. 6 Rekapitulasi Hasil WawancaraL-13

LAMPIRAN 4 : BUKU PANDUAN

Lampiran 4. 1 Buku Panduan.....L-16

ABSTRAK

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan mencegah kecelakaan kerja. Namun, angka kecelakaan kerja masih tinggi setiap tahunnya, salah satunya akibat gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO). Gas CO sulit dideteksi karena memiliki sifat tidak berbau dan tidak berwarna, sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan hingga kematian tanpa disadari. Salah satu industri pengecoran logam yaitu PT. XYZ, Klaten, pada proses peleburan logam menghasilkan gas buangan berupa CO. Namun, perusahaan belum memiliki alat pengukur gas dan divisi K3 yang memadai. Penelitian ini bertujuan merancang sistem deteksi gas CO yang dipasang pada helm *safety* pekerja. Sistem ini dilengkapi oleh sensor MQ-7 sebagai pendeteksi gas CO, ESP32 sebagai pusat kendali, *buzzer* sebagai alarm peringatan, LCD untuk menampilkan data dan status kadar gas CO, serta aplikasi Blynk untuk memantau data secara *real-time*. Metode yang digunakan adalah *prototyping* dengan tujuh tahapan yaitu analisis kebutuhan, perancangan, evaluasi prototipe, pengkodean, pengujian, evaluasi sistem, dan implementasi. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi gas CO dengan akurasi 61,93% dibandingkan alat *Air Quality Analyzer*. Sistem juga berhasil memberikan peringatan melalui bunyi *buzzer* dan notifikasi di LCD maupun Blynk saat kadar CO melebihi ambang batas (25 ppm). Meski demikian, sistem masih perlu pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan ketahanan di lingkungan kerja ekstrem. Dengan sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan keselamatan pekerja dan memenuhi regulasi K3 di perusahaan.

Kata Kunci : helm safety , karbon monoksida, K3, MQ-7, prototyping

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kasus kecelakaan kerja di Indonesia masih memiliki angka yang tergolong relatif tinggi dan terus meningkat setiap tahunnya (Na'am *et al.*, 2023). Berdasarkan data Kementerian Ketenagakerjaan (2024), angka kecelakaan kerja Indonesia tahun 2021 mencapai 234.371 kasus, kemudian mengalami peningkatan 298.137 kasus pada tahun 2022, dan melonjak tajam menjadi 370.747 kasus di tahun 2023. Angka tersebut mengindikasikan bahwa masih banyak tempat kerja yang memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja. Salah satu risiko bahaya yang dapat mengancam pekerja adalah paparan gas berbahaya, seperti karbon monoksida (CO).

Gas CO merupakan gas yang sulit terdeteksi karena memiliki sifat tidak berbau dan tidak berwarna, tetapi sangat berbahaya dan beracun (Rambing *et al.*, 2022). Dampak yang dapat ditimbulkan berupa rasa mual, pusing, sesak nafas, tidak sadarkan diri, hingga kematian. Di Indonesia terdapat beberapa kasus kecelakaan kerja akibat paparan gas karbon monoksida yang disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Kasus Kecelakaan Kerja Akibat CO

Tanggal	Lokasi	Korban	Sumber
20/7/2018	Kelapa Gading, Jakarta Utara	17 orang dilarikan ke rumah sakit	Ramadhan & Belarminus (2018)
6/9/2023	Samarinda, Kalimantan Timur	Belasan karyawan mengalami pingsan	Rusiana (2023)
14/9/2023	Bitung, Sulawesi Utara	42 orang karyawan melakukan rawat jalan	Komaling (2023)

Berdasarkan Tabel 1.1, dapat dilihat bahwa beberapa kasus kecelakaan kerja akibat paparan gas CO menyebabkan kondisi darurat di tempat kerja. Para pekerja

yang terdampak mengalami gangguan kesehatan yang cukup serius hingga pingsan dan harus dilarikan ke rumah sakit untuk mendapatkan perawatan medis. Hal ini tentu menunjukkan bahwa lingkungan kerja dengan potensi paparan CO perlu adanya langkah pencegahan untuk mencegah kejadian serupa. Salah satu lingkungan kerja dengan potensi paparan gas CO adalah industri pengecoran logam.

Dalam penelitian Fajri *et al.* (2022) dan Sensi & Nugroho (2024), mengidentifikasi adanya risiko bahaya pada industri pengecoran logam berupa asap beracun yang salah satunya mengandung CO terutama pada aktivitas pembakaran atau peleburan logam. Kondisi yang serupa juga ditemukan di PT. XYZ, sebuah perusahaan pengecoran logam di daerah Ceper, Klaten. Perusahaan ini memproduksi komponen logam untuk berbagai sektor industri seperti kereta api, pertambangan, agro, pabrik semen, sistem berat, galangan kapal, serta minyak dan gas. Proses produksi yang dilakukan melibatkan aktivitas peleburan logam dengan suhu tinggi menggunakan tungku oleh pekerja produksi pada stasiun peleburan (*melting*).



Gambar 1. 1 Kondisi Area Peleburan
Sumber : Analisis (2025)

Gambar 1.1 menunjukkan kondisi area peleburan di sekitar pekerja PT. XYZ. Aktivitas di area tersebut berpotensi menghasilkan produk sampingan berupa gas

CO dari asap hasil peleburan yang dapat membahayakan kesehatan pekerja jika terpapar secara langsung dalam jangka waktu lama. Berdasarkan hasil pengukuran kadar CO dari jarak 4 meter dari tungku peleburan menggunakan *Air Quality Detector 6 in 1*, kadar CO dapat mencapai 10 ppm. Meskipun nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas 25 ppm, paparan harian secara terus-menerus tetap berisiko terhadap kesehatan pekerja.

Dalam meminimalkan risiko bahaya dari paparan gas CO, perlu adanya upaya peningkatan implementasi K3, salah satunya dengan melakukan pengukuran kadar dari gas tersebut. Hal ini sudah diatur pada pasal 20 ayat 1 dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No.5 Tahun 2018 yang secara jelas menyebutkan bahwa setiap tempat kerja yang berpotensi menimbulkan bahaya bahan kimia diharuskan melakukan pengukuran dan pengendalian faktor kimia. Namun, hingga saat ini PT. XYZ belum mengimplementasikan hal tersebut dikarenakan keterbatasan alat yang dimiliki dan belum adanya divisi khusus K3 di perusahaan. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara regulasi K3 yang telah ditetapkan dengan implementasi K3 di lapangan.

Untuk menjembatani *gap* antara regulasi pemerintah dan kondisi aktual di PT. XYZ, diperlukan adanya solusi yang dapat meningkatkan penerapan K3. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah melalui perancangan sistem deteksi gas CO berbasis *Internet of Things* (IoT) yang diletakkan pada helm *safety* pekerja. Helm tersebut akan dilengkapi dengan sensor yaitu sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas CO serta mikrokontroler ESP32 sebagai unit pusat kontrol. Pemilihan helm *safety* ini didasarkan pada fungsinya sebagai APD yang wajib dikenakan pekerja bagian produksi, sehingga dapat dipastikan pekerja selalu mengenyakannya. Selain itu,

dibandingkan dengan APD lain yang ada di perusahaan, helm *safety* dapat diintegrasikan dengan sensor tanpa mengganggu mobilitas dan kenyamanan pekerja.

Kelebihan dari sistem deteksi CO yang diletakkan pada helm *safety* adalah kemampuannya dalam melindungi pekerja secara langsung, karena sensor bergerak mengikuti aktivitas yang dilakukan. Hal ini membuat pengukuran paparan gas CO lebih akurat jika dibandingkan dengan sistem deteksi CO yang diletakkan pada satu titik tertentu. Gas CO tidak selalu merata di seluruh area dan dapat berkumpul di titik-titik tertentu, sehingga sistem deteksi CO yang hanya diletakkan pada satu titik tidak selalu mencerminkan kondisi paparan gas yang dihadapi pekerja secara langsung. Oleh karena itu, sistem deteksi pada helm *safety* dapat memberikan perlindungan lebih cepat dan efektif dalam mencegah risiko paparan gas CO.

Pendekatan dalam penelitian sistem deteksi gas CO pada helm *safety* ini menggunakan pendekatan *prototyping*. Metode ini memungkinkan peneliti untuk secara cepat membuat, menguji, dan memperbaiki model awal produk (Kurniati, 2021). Dengan pendekatan ini fitur-fitur pada sistem dapat disempurnakan berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi, sehingga produk yang dihasilkan dapat optimal dan sesuai kebutuhan di PT. XYZ. Dengan adanya sistem ini, helm *safety* tidak hanya berguna sebagai pelindung kepala saja, tetapi dapat digunakan sebagai sistem peringatan dini dan monitoring lingkungan kerja secara *real-time*.

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini mengangkat judul terkait “Rancang Bangun Sistem Deteksi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Helm *Safety* dengan Metode *Prototyping* Untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)”. Hal ini diharapkan mampu

menjembatani adanya gap regulasi K3 dan implementasinya di lapangan, serta memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pekerja yang dihadapkan dengan adanya risiko bahaya.

1.2. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka penelitian tugas akhir ini dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan dan pembuatan sistem deteksi gas CO pada helm *safety* dengan metode *prototyping*?
2. Seperti apa efektivitas yang dihasilkan dari sistem deteksi gas CO pada helm *safety* yang telah dirancang?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan rancangan sistem deteksi gas CO pada helm *safety* dengan metode *prototyping*.
2. Mengetahui efektivitas yang dihasilkan dari sistem deteksi gas CO pada helm *safety* yang telah dirancang.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun kegiatan penelitian tugas akhir diharapkan memberikan manfaat bagi beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Mampu menerapkan teori dan keilmuan yang diperoleh selama perkuliahan untuk membantu perusahaan dalam upaya meningkatkan keselamatan dan

kesehatan kerja (K3) melalui perancangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

2. Bagi Perusahaan

Sistem yang dirancang dapat membantu perusahaan dalam memonitoring dan memberikan peringatan dini kepada pekerja berkaitan dengan kondisi lingkungan kerja yang dihadapi secara *real-time*. Selain itu, dapat menjadi referensi perusahaan dalam meminimalisir atau mengurangi risiko kecelakaan kerja.

1.5. Batasan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini memiliki beberapa batasan masalah agar penelitian tidak menyimpang dan keluar dari topik. Adapun batasan masalah tersebut sebagai berikut :

1. Penelitian berfokus pada pekerja stasiun peleburan (*melting*).
2. Penelitian hanya terbatas pada perancangan dan implementasi sistem deteksi gas CO yang dipasang pada helm *safety*, tidak mencakup pengembangan bentuk atau desain helm secara menyeluruh.
3. Efektivitas sistem yang dirancang meliputi kemampuan sistem dalam mendeteksi gas CO, memberikan peringatan, mengirimkan data *real-time*, dan akurasi sensor.
4. Penelitian ini mengacu pada NAB gas CO dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No.5 Tahun 2018 sebesar 25 ppm.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini terdiri oleh beberapa bab yang disusun guna memberikan gambaran dan pemahaman yang jelas terkait penelitian

yang dilakukan. Bab pertama berupa pendahuluan yang mencakup latar belakang penelitian dengan menjelaskan fenomena K3, permasalahan paparan gas CO pada industri pengecoran logam, dan pentingnya perancangan sistem deteksi gas CO. Selain itu, bab ini juga mencakup pertanyaan, tujuan, manfaat, serta batasan dalam penelitian. Bab kedua terdiri dari tinjauan pustaka berupa penelitian terdahulu yang relevan dan landasan teori yang mendukung adanya perancangan sistem deteksi gas CO. Bab Ketiga berupa metodologi penelitian yang terdiri dari objek penelitian, metode pengumpulan data, uji validitas, variabel penelitian, model analisis metode *prototyping*, dan diagram alir yang menjelaskan tentang alur penelitian dari awal hingga akhir. Bab keempat merupakan hasil dan pembahasan yang berisi analisis tiap tahap *prototyping*, dari analisis kebutuhan hingga implementasi. Kemudian, dilakukan pembahasan dan implikasi manajerial terhadap sistem deteksi gas CO yang telah dirancang. Terakhir, bab kelima berisi terkait kesimpulan terkait perancangan sistem deteksi CO dan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem deteksi gas CO pada helm *safety* berhasil dirancang menggunakan metode prototyping dengan komponen utama sensor MQ-7, mikrokontroler ESP32, *buzzer*, LCD, dan aplikasi Blynk. Proses rancang bangun sistem ini dilakukan dengan tujuh tahapan dari analisis kebutuhan, perancangan, evaluasi prototipe, pengkodean, pengujian, evaluasi sistem, dan implementasi. Selain itu, pihak perusahaan juga dilibatkan dalam prosesnya, sehingga sistem deteksi gas CO ini mampu menyesuaikan dengan masukan dari pengguna dan sesuai dengan kebutuhan di PT. XYZ.
2. Efektivitas sistem ini terbukti dengan kemampuan mendeteksi perubahan kadar CO secara akurat dan memberikan respons yang cepat. Sistem memberikan peringatan melalui *buzzer*, tampilan notifikasi pada LCD, dan aplikasi Blynk secara *real-time* saat konsentrasi gas melebihi batas aman. Sensor MQ-7 yang digunakan memiliki tingkat akurasi sebesar 61,89 % ketika di uji dengan alat ukur standar. Selain itu, pengguna juga menyatakan bahwa sistem yang terpasang pada helm masih cukup nyaman digunakan dan tidak terlalu membebani. Selain itu, informasi pada layar LCD di sisi helm dapat terbaca jelas.

5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian rancang bangun sistem deteksi gas CO adalah sebagai berikut :

1. Untuk membuat koneksi sistem lebih kuat dan stabil, sebaiknya ditambahkan antena eksternal pada modul ESP32 untuk membantu memperluas jangkauan sinyal Wi-Fi, agar data tetap terkirim secara optimal dan lancar.
2. Dapat menambahkan *multi*-sensor atau meningkatkan komponen lainnya agar sistem dapat mendeteksi berbagai jenis bahaya lingkungan kerja secara lebih lengkap dan meningkatkan keselamatan pekerja secara lebih luas.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem deteksi ini menjadi bagian dari helm pintar yang terintegrasi secara keseluruhan dengan memperhatikan berbagai aspek penting lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. S., Kasih, R. U., & Zulfadlih, L. O. S. (2022). Helm Pintar Untuk Pemantauan Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Dan Tingkat Kebisingan Suara Pada Daerah Industri Dan Pertambangan. *Sebatik*, 26(2), 502–508. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.2042>
- Aditya, K., Santoso, D. B., & Nurpulaela, L. (2020). Sistem Pemantauan Gas Karbon Monoksida (CO) pada Produk KOLISS-IoT Menggunakan Teknologi Web. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 19(2), 113–124.
- Ardiansyah, Risnita, & Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1–9. <http://ejournal.yayasanpendidikandzurriyatulquran.id/index.php/ihsan>
- Arifin, F. R., & Rahman, N. A. (2024). Analisis Pengaruh Emisi Zat Karbon terhadap Kerusakan Kualitas Udara dan Pencemaran Lingkungan. *Journal Innovation In Education*, 2(1), 278–287. <https://doi.org/10.59841/inoved.v2i1.1043>
- Dadhanian, K., Narayan, N., & Somavanshi, B. (2021). IoT based Smart Helmet for Industrial Workers. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(8), 1295–1308. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.37568>
- Darwanto, A., Elin, E. K. M., Nasywa, N. A. H., & Afifah, R. N. (2024). Smart Safety Helmet: Pendeteksi Karbon Monoksida (CO) Di Lokasi Penggalian Sumur Dan Pertambangan. *Jurnal Inovasi Daerah*, 3(1), 105–115. <https://doi.org/10.566655/jid/v3i1.139>
- Dewi, N. L. A. M. R., Hartati, R. S., & Divayana, Y. (2021). Penerapan Metode Prototype dalam Perancangan Sistem Informasi Penerimaan Karyawan Berbasis Website pada Berlian Agency. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 20(1), 147–152. <https://doi.org/10.24843/mite.2021.v20i01.p17>
- Erdiansyah, A., Yusuf, R., & Hasan, R. N. (2023). Pengaruh Harga Terhadap Keputusan Pembelian Pada Restoran Shukaku Doi Kota Garut. *Jurnal Manajemen Dan Pemasaran*, 2(1), 109–119.
- Fajri, A., Nurdin, R., & Nur, P. (2022). Analisis Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) di Industri Pengecoran Logam. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Kedirgantaraan*. <https://doi.org/10.28989/senatik.v7i1.474>
- Faradilla, A. R., Yulinawati, H., & Suswantoro, E. (2016). Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Adsorben Karbon Monoksida Dan Karbon Dioksida Pada Emisi Kendaraan Bermotor. *Seminar Nasional Cendekiawan*.

- Febrianto, A., Siroj, R. A., & Hartatiana. (2024). Studi Literatur: Landasan Dalam Memilih Metode Penelitian Yang Tepat. *Journal Educational Research and Development*, 01(02), 259–263.
- Hanwei Electronics. (n.d.). *MQ-7 Gas Sensor*. <http://www.hwsensor.com>
- Hercog, D., Lerher, T., Truntič, M., & Težak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/s23156739>
- Hidayati, Q., Sari, D. R., Widodo, S., & Sanda, Y. S. (2024). Robot Pendeteksi Gas Co Dan No2 Berbasis Bluetooth. *PROSIDING SNITT POLTEKBA*, 6, 7–12. <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/index>
- Irwansyah, M. A., Windusari, Y., Fajar, N. A., & Novrikasari. (2023). Pengaruh Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Kinerja Pekerja: Systematic Literature Review. *Jurnal Keperawatan*, 15(S4), 63–68. <http://journal.stikeskendal.ac.id/index.php/Keperawatan>
- Kementerian Ketenagakerjaan. (2024, December 4). *Kecelakaan Kerja Terus Meningkat, Kemnaker Ajak Perusahaan Terapkan SMK3 Secara Konsisten*. <https://kemnaker.go.id/news/detail/kecelakan-kerja-terus-meningkat-kemnaker-ajak-perusahaan-terapkan-smk3-secara-konsisten>
- Komaling, A. (2023, September 14). *Puluhan Karyawan Pabrik Ikan Keracunan Gas Karbon Monoksida*. <https://www.metrotvnews.com/read/KqYCEMOv-Puluhan-Karyawan-Pabrik-Ikan-Keracunan-Gas-Karbon-Monoksida>
- Kurniati. (2021). Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem Pengarsipan Dokumen Kantor Kecamatan Lais. *Journal of Software Engineering Ampera*, 2(1), 16–27. <https://journal-computing.org/index.php/journal-sea/index>
- Kurniawan, T. A., & Aditia. (2017). Penerapan Metode Prototype Dalam Pengembangan Sistem Untuk Perancangan Aplikasi Web Jasa Restorasi Pada PT. Quantum Nusantara. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S*, 13(1).
- Ma'arif, A., Amin, M., Safira, P. D., Binnerianto, Alfaqi, R., Saputra, D. D., Prasetya, W. L., & Ramadhani, N. (2023). *Panduan Belajar Arduino dan Sensor untuk Pemula*. UHB Press.
- Muqita, S. G., Indrasari, W., Suhendar, H., & Marpaung, M. A. (2024). Karakterisasi Dan Pengujian Sensor MQ-7 Dan MQ-136 Untuk Pengembangan Sistem Monitoring Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Sulfur Dioksida (SO₂). *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, XII, 87–92. <https://doi.org/10.21009/03.1201.FA13>
- Mustafa, M., Supriadi, & Mutmainnah, A. (2020). Pengembangan Alat Monitoring Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Internet of Things. *JETC*, 15(2).
- Na'am, M. M., Andesta, D., & Ismiyah, E. (2023). Occupational Health and Safety Analysis Using HIRA and FTA Methods in the Silo Department of PT. XYZ.

- MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(3), 523–534. <https://doi.org/10.46574/motivection.v5i3.277>
- Nahari, R. V., Riza, A., Astuti, E. D., Pramudia, M., & Rahmawati, D. (2023). *Fundamental Internet Of Things (IoT) Teori Dan Aplikasi*. CV. EUREKA MEDIA AKSARA.
- Pratama, M. A. I. (2023). *Prototipe Robot Monitoring Wilayah Pasca Kebakaran Dengan Wireless Kontroler Modul ESP32-CAM dan NodeMCU ESP8266 Berbasis IOT*.
- Purbakawaca, R., & Fauzan, S. A. (2022). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbiaya Rendah Berbasis IoT. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1), 118. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i1.104>
- Rahmadi. (2011). *Pengantar Metodologi Penelitian* (Syahrani, Ed.). Antasari Press.
- Rahman, A., Sari, N. M. W., Sugiarto, M., Sattar, Abidin, Z., Irwanto, Nugroho, A. P., Indriana, Ladjin, N., Haryanto, E., Amane, A. P. O., Ahmadin, & Alaslan, A. (2022). *Metode Penelitian Ilmu Sosial* (A. Masrurroh, Ed.). Widina Bhakti Persada Bandung. <https://www.researchgate.net/publication/364383690>
- Rakhmawati, P. U., Rizdania, & Sumantri. (2024). Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk. *Seminar Nasional Teknoka*, 9, 2024.
- Ramadhan, A., & Belarminus, R. (2018, July 20). *Korban Keracunan Gas di Kelapa Gading Ada 17 Orang, Ini Penyebabnya*. <https://Megapolitan.Kompas.Com/Read/2018/07/20/22181191/Korban-Keracunan-Gas-Di-Kelapa-Gading-Ada-17-Orang-Ini-Penyebabnya>.
- Rambing, V. V, Umboh, J. M. L., Warouw, F., Kesehatan, F., Universitas, M., Ratulangi, S., Abstrak, M., Kunci, K., Monoksida, K., Kesehatan, R., & Kesehatan, K. (2022). Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO). *Jurnal KESMAS*, 11(4), 95–101.
- Rizal, M., Sondakh, D. E., Ashari, I. F., Suryawan, M. A., Mahmudi, A. A., M, W. H., Lontaan, R. J., Agussalim, Rifqie, D. M., Hazriani, Sirmayanti, Lisa, N. P., Supriyanto, B. F., Syamil, A., Hasiri, E. M., Tambi, Hujerniati, & Simarmata, J. (2023). *Konsep & Implementasi Internet Of Things*. Yayasan Kita Menulis.
- Rusiana, D. A. (2023, September 6). *Keracunan Karbon Monoksida, Sejumlah Karyawan Mal di Samarinda Tak Sadarkan Diri, Petugas PMI Alami Sesak Napas*. <https://Regional.Kompas.Com/Read/2023/09/06/161824278/Keracunan-Karbon-Monoksida-Sejumlah-Karyawan-Mal-Di-Samarinda-Tak-Sadarkan>.
- Sahir, S. H. (2022). *Metodologi Penelitian*. Penerbit KBM Indonesia. www.penerbitbukumurah.com
- Sanaky, M. M., Saleh, L. Moh., & Titaley, H. D. (2021). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama MAN 1 Tulehu Maluku Tengah. *Jurnal Simetrik*, 11(1), 432–439.

- Sari, W. S. U., Priyandoko, G., & Effendy, D. U. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Ruang Isolasi Covid-19 Berbasis Android Menggunakan Sensor Sharp GP2Y1010AU0F. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 3(2), 1–11. <https://doi.org/10.31328/jasee>
- Sasmoko, D. (2021). *Arduino dan Sensor Pada Project Arduino DIY*. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Sensi, M. D. R., & Nugroho, A. J. (2024). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proses Produksi Pengecoran Logam Dengan Metode Job Safety Analisis (JSA) dan Hazard Identification Risk Assesment (HIRA) Studi Kasus CV Andhy Karya. *Scientica : Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 9, 32–42.
- Setyowati, D. L., Lestari, I. A. I. D., & Hardianti, D. N. (2024). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Sektor Informal*. CV. Media Sains Indonesia. <https://www.researchgate.net/publication/380572537>
- Sihombing, O. E., Andaria, A. J., & Pascoal, K. G. (2022). Kadar Karboksihemoglobin (COHb) Pada Petugas Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ) Dinas Perhubungan Kota Manado. *Indonesian Journal of Medical Laboratory Technology*, 1(1), 16–22.
- Sree, E. T., & Kumar, N. V. (2020). SMART HELMET. *Journal of Engineering Sciences*, 11(2), 354–360. www.jespublication.com
- Suhendar, H., Indrasari, W., Muqita, S. G., & Isnaini, I. G. A. (2024). Development of a Real-Time Gas Concentration Measurement System Using Internet of Things-Based Monitoring. *SPEKTRA: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 9(1), 27–38. <https://doi.org/10.21009/SPEKTRA>
- Syarifah, Chairullah Naury, & Wahyuni Nurindah Sulistiyowati. (2022). Perancangan Prototype Sistem Informasi Repository Skripsi Berbasis Web Di UNA'IM Yapis Wamena Papua. *SATESI: Jurnal Sains Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(1), 25–31. <https://doi.org/10.54259/satesi.v2i1.682>
- Tan, J., Chen, Y., & Researcher Shuyin Jiao, I. (2024). *Visual Studio Code in Introductory Computer Science Course: An Experience Report*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10174>
- Veronica, Y., Nurmaini, Chahaya, I., & Indirawati, S. M. (2024). Analisis paparan karbon monoksida (CO) dengan keluhan subjektif pernapasan pada penjual sate di Kota Duri tahun 2023. *Tropical Public Health Journal*, 4(1), 35–43. <https://doi.org/10.32734/trophico.v4i1.16126>
- Yushananta, P. (2023). Very Low-Cost, Internet of Things (IoT) Air Quality Monitoring Platform. *Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 8(2). <https://doi.org/10.30604/jika.v8i2.1919>