

LAPORAN TUGAS AKHIR
PROTOTIPE

**PERANCANGAN SISTEM *SAFETY HELMET* DENGAN
PENDETEKSI GAS, DETAK JANTUNG SERTA POSISI DAN
KOMUNIKASI MENGGUNAKAN ESP32**



MAS EGI IHZA FAHREZA
22 36 30 73 005

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
PROTOTIPE

**PERANCANGAN SISTEM *SAFETY HELMET* DENGAN
PENDETEKSI GAS, DETAK JANTUNG SERTA POSISI DAN
KOMUNIKASI MENGGUNAKAN ESP32**



MAS EGI IHZA FAHREZA

22 36 30 73 005

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MAS EGI IHZA FAHREZA

Nomor Induk Taruna : 22 36307 3 005

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya tulis dengan judul:

**PERANCANGAN SISTEM *SAFETY HELMET* DENGAN PENDETEKSI
GAS, DETAK JANTUNG SERTA POSISI DAN KOMUNIKASI
MENGUNAKAN ESP32**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam Tugas Akhir tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 2026

MAS EGI IHZA FAHREZA
NIT. 22 36307 3 005

ABSTRAK

MAS EGI IHZA FAHREZA, Perancangan Sistem *Safety helmet* dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung serta Posisi dan Communication Menggunakan ESP32, Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing Oleh Bapak Edi Kurniawan, S.S.T., M.T. dan Ibu Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.

Pekerja di lingkungan industri maupun kapal sering kali dihadapkan pada risiko kerja yang tinggi, seperti paparan gas berbahaya dan kelelahan fisik, sehingga diperlukan sistem pemantauan kondisi personal untuk mencegah kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kinerja sistem *safety helmet* yang dapat mendeteksi konsentrasi gas berbahaya, detak jantung, serta posisi pekerja secara *real-time* menggunakan mikrokontroler ESP32. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen melalui pengujian performa alat secara statistik dan numerik. Sistem dirancang dengan mengintegrasikan sensor gas MQ, sensor detak jantung (*pulse sensor*), modul GPS, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, serta *dashboard* pusat pemantauan sebagai media tampilan. Pengujian kuantitatif dilakukan melalui serangkaian uji akurasi pembacaan sensor dan keandalan pengiriman data dengan parameter ukur yang terukur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *safety helmet* berhasil bekerja dengan tingkat akurasi yang tinggi sesuai perancangan. Nilai kesalahan (*error*) pembacaan sensor gas dan detak jantung berada pada persentase yang sangat rendah, serta koordinat posisi pekerja dapat dipetakan secara presisi. Sistem juga mampu mentransmisikan data parameter keselamatan tersebut secara kuantitatif, kontinu, dan *real-time* ke pusat kontrol tanpa ada kehilangan paket data (*packet loss*) yang berarti. Dengan demikian, sistem *safety helmet* berbasis ESP32 ini terbukti secara valid dan reliabel dapat digunakan untuk mengoptimalkan sistem keselamatan kerja di bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) industri maritim, khususnya pada lingkungan operasional kapal dan galangan. Validitas sistem ditunjukkan oleh akurasi pembacaan *pulse sensor* dalam memantau detak jantung pekerja secara *real-time* serta sensitivitas sensor MQ-135 dalam mendeteksi paparan gas berbahaya di ruang terbatas (*enclosed space*). Sementara itu, reliabilitas sistem dibuktikan melalui kemampuan transmisi data koordinat GPS dan parameter kesehatan secara konsisten ke gateway monitoring tanpa terjadi kehilangan data fatal (*packet loss*) selama berada dalam batas jangkauan operasional.

Kata Kunci : *Safety helmet, ESP32, Deteksi Gas, Sensor Detak Jantung, Posisi Real-time , Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Modul GPS,*

ABSTRACT

MAS EGI IHZA FAHREZA, *Design of a Safety helmet System with Gas, Heart Rate, and Position Detection, and Communication Using ESP32, Politeknik Pelayaran Surabaya. Advised by Mr. Edi Kurniawan, S.S.T., M.T. and Mrs. Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H.*

Workers in industrial and ship environments are frequently exposed to high occupational risks, such as hazardous gas exposure and physical fatigue, necessitating a personal condition monitoring system to prevent workplace accidents. This study aims to design and test the performance of a safety helmet system capable of detecting hazardous gas concentrations, heart rate, and worker positions in real-time using an ESP32 microcontroller. The research method employed is a quantitative method with an experimental approach, evaluating the device's performance statistically and numerically. The system is designed by integrating an MQ gas sensor, a pulse sensor, a GPS module, an ESP32 microcontroller as the data processor, and a central monitoring dashboard as the display medium. Quantitative testing was conducted through a series of sensor reading accuracy and data transmission reliability tests with measurable parameters. The test results indicate that the safety helmet system successfully operates with a high level of accuracy in accordance with the design. The error values for the gas sensor and heart rate readings remain at a very low percentage, and the workers' positional coordinates can be mapped precisely. Furthermore, the system is capable of transmitting these safety parameter data quantitatively, continuously, and in real-time to the control center without significant packet loss. Consequently, this ESP32-based safety helmet system has been proven valid and reliable in optimizing occupational health and safety (OHS) systems within the maritime industry, particularly in ship operations and shipyard environments. The validity of the system is demonstrated by the accuracy of the pulse sensor in monitoring workers' heart rates in real-time and the high sensitivity of the MQ-135 sensor in detecting hazardous gas exposure in enclosed spaces. Meanwhile, the reliability of the system is evidenced by its capacity to consistently transmit GPS coordinate data and health parameters to the monitoring gateway without fatal packet loss within the operational range.

Keywords: *Safety helmet, ESP32, Gas Detection, Heart Rate Monitoring, Real-time Tracking, Occupational Safety (K3), GPS Module*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat serta hidayah-Nya penulis bisa menyelesaikan karya ilmiah terapan (KIT) dengan judul

“PERANCANGAN SISTEM *SAFETY HELMET* DENGAN PENDETEKSI GAS, DETAK JANTUNG SERTA POSISI DAN KOMUNIKASI MENGGUNAKAN ESP32”

Karya Ilmiah Terapan ini merupakan laporan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya. Dalam menyelesaikan KIT ini penulis dibantu oleh banyak pihak. Tanpa bantuan mereka semua maka penyelesaian KIT ini tidak dapat berjalan dengan baik, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada yang terhormat:

1. Bapak Moejiono, MT., Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah menyediakan fasilitas, dan infrastruktur untuk membantu proses penyelesaian KIT.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan yang telah membantu, membimbing, dan mendidik secara sabar.
3. Bapak Edi Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar membantu, membimbing, dan mendidik secara sabar.
4. Ibu Dr. Elly Kusumawati, S.H., M.H. selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar membantu, membimbing, dan mendidik secara sabar.
5. Seluruh Dosen, dan Tenaga Pendidik di Prodi Teknik Rekayasa Kelistrikan Kapal Politeknik Pelayaran Surabaya.
6. Kedua orangtua saya yang selalu memberikan dukungan berupa doa, moral, dan material.
7. Teman-teman yang selalu mendukung, dan membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

Saya menyadari, bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan proposal ini. Kritik dan saran yang membangun sangat saya perlukan untuk mendukung terus perkembangan saya, sekaligus membuat penelitian ini menjadi bermanfaat bagi seluruh insan.

Surabaya,

2026

MAS EGI IHZA FAHREZA
NIT. 22 36307 3 005

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori	9
1. Sensor MQ-135.....	9

2. Sensor Detak Jantung (<i>Pulse sensor</i> Amped).....	10
3. ESP32.....	12
4. GPS (NEO-6M).....	13
5. <i>Intercom</i>	14
6. <i>Buzzer</i>	15
C. Kerangka Pikir Penelitian	16
BAB III METODE PENELITIAN	20
A. Perancangan Sistem.....	21
B. Perancangan Alat	25
C. Rencana Pengujian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
A. Hasil Penelitian.....	32
B. Analisis Data	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
A. Kesimpulan	51
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya.....	6
Tabel 3. 1 NodeMCU ESP32 dengan Modul GPS (NEO-6M)	26
Tabel 3. 2 Pin NodeMCU ESP32 dengan sensor <i>Pulse sensor</i> Amped	27
Tabel 3. 3 Pin NodeMCU ESP32 dengan Modul GSM SIM900	27
Tabel 3. 4 Pin NodeMCU ESP32 dengan Sensor Gas (MQ-135)	27
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor Gas MQ-135	34
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Sensor Detak Jantung	36
Tabel 4. 3 Data Komparasi Akurasi Modul GPS	38
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Modul Komunikasi <i>Intercom</i> (Type Dk02 Plus).....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Modul Sensor MQ-135.....	10
Gambar 2. 2 Modul <i>Pulse sensor</i> Amped.....	11
Gambar 2. 3 Modul NodeMCU ESP32.....	12
Gambar 2. 4 Modul GPS NEO-6M.....	13
Gambar 2. 5 <i>Intercom</i> Type Dk02 Plus	14
Gambar 2. 6 <i>Buzzer</i>	16
Gambar 2. 7 Flowchart Kerangka Berpikir Penelitian <i>Safety helmet</i>	18
Gambar 3. 1 Blok Diagram (Perancangan Sistem <i>Safety helmet</i> Dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung Serta Posisi Dan Komunikasi Menggunakan Esp32).....	21
Gambar 3. 2 Blok diagram (Perancangan Sistem <i>Safety helmet</i> Dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung Serta Posisi Dan Komunikasi Menggunakan Esp32).....	22
Gambar 3. 3 flowchart sistem <i>safety helmet</i>	24
Gambar 3. 4 Wiring Diagram (Perancangan Sistem <i>Safety helmet</i> Dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung Serta Posisi Dan Komunikasi Menggunakan Esp32).....	26
Gambar 3. 5 Desain Perancangan.....	27
Gambar 4. 1 ESP32 Menyala	33
Gambar 4. 2 Pengujian Sensor Gas (MQ135).....	34
Gambar 4. 3 Pengujian Sensor Detak Jantung	35
Gambar 4. 4 Pengujian Modul GPS.....	37
Gambar 4. 5 Alat <i>Intercom</i> untuk Komunikasi	39
Gambar 4. 6 Proses Pengujian a).Deteksi Helm Pada Gas, b). Detak Jantung, c). Deteksi GPS, d). <i>Intercom</i> terhubung	41
Gambar 4. 7 GPS pada Helm	42
Gambar 4. 8 Cek Keakuratan Maps (a).....	43
Gambar 4. 9 GPS pada Helm	43
Gambar 4. 10 Cek Keakuratan Maps.....	44
Gambar 4. 11 GPS pada Helm.....	44
Gambar 4. 12 Cek Keakuratan Maps.....	45
Gambar 4. 13 GPS pada Helm	45
Gambar 4. 14 Cek Keakuratan Maps.....	46

DAFTAR RUMUS

Rumus 4. 1 Persentase Error	29
-----------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri maritim merupakan sektor vital dalam perekonomian global yang menuntut tingkat keandalan operasional dan keselamatan kerja yang tinggi. Salah satu risiko utama yang dihadapi oleh kru maupun pekerja di atas kapal adalah ancaman paparan gas beracun, terutama pada ruang tertutup seperti palka atau tangki muatan. Kegagalan dalam mendeteksi kebocoran gas berbahaya secara dini dapat berakibat fatal, sebagaimana terjadi pada kasus tewasnya tiga pekerja kapal di Balikpapan pada tahun 2023 akibat menghirup gas hidrogen sulfida saat melakukan pengambilan sampel minyak tanpa alat pelindung diri yang memadai.

Dalam kondisi operasional di laut, pekerja kapal sering kali harus melakukan aktivitas di lingkungan kerja ekstrem dengan risiko tinggi yang rentan memicu kelelahan fisik maupun fluktuasi kondisi kesehatan seperti detak jantung abnormal. Berdasarkan regulasi *International Safety of Life at Sea* (SOLAS) Bab XI-1 dan *International Management Code for the Safe Operation of Ships (ISM Code)*, manajemen keselamatan kapal wajib menetapkan standar minimum perlindungan personal dan prosedur darurat demi menjamin kesejahteraan serta keselamatan kru di laut. Begitu pula dengan regulasi MARPOL yang mengatur pencegahan polusi di lingkungan maritim yang berdampak langsung pada kesehatan pekerja.

Pada praktiknya, sistem pengawasan keselamatan dan kondisi kesehatan pekerja di atas kapal masih banyak dilakukan secara konvensional atau manual melalui pemeriksaan berkala. Metode ini memiliki keterbatasan karena tidak mampu memberikan informasi kondisi fatal pekerja dan lingkungan kerja secara kontinu serta *real-time*. Akibatnya, potensi bahaya gas beracun atau serangan klinis pada pekerja sering kali terlambat teridentifikasi, sehingga tindakan penyelamatan cenderung bersifat reaktif setelah kecelakaan terjadi, yang meningkatkan risiko fatalitas dan keterlambatan evakuasi. (PMJET, 2025)

Salah satu solusi efektif untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja tersebut adalah dengan mengintegrasikan sistem pelindung diri pintar menggunakan teknologi sensor. Penggunaan sensor gas yang dikombinasikan dengan sensor detak jantung (*pulse sensor*) pada alat pelindung kepala memungkinkan identifikasi gas berbahaya dan pemantauan kondisi fisik pekerja secara langsung tanpa mengganggu aktivitas kerja. Integrasi komponen ini sangat krusial untuk memberikan peringatan dini (*early warning system*) sebelum konsentrasi gas atau kondisi detak jantung pekerja mencapai batas kritis yang membahayakan nyawa.

Dengan mengintegrasikan sensor gas, sensor detak jantung, dan modul GPS ke dalam sistem *safety helmet* berbasis mikrokontroler ESP32 serta teknologi nirkabel, kondisi keselamatan pekerja dapat dipantau dari pusat kontrol secara *real-time*. Sistem ini memungkinkan pelacakan posisi koordinat pekerja secara presisi serta memfasilitasi komunikasi darurat melalui fitur interkom terintegrasi. Pendekatan ini sejalan dengan implementasi K3 di era *Industry 4.0*, yang bertujuan meningkatkan respons evakuasi, menciptakan

lingkungan kerja yang lebih aman, serta mendukung keselamatan operasional kapal. Berdasarkan urgensi tersebut, dilakukan penelitian karya ilmiah terapan dengan judul: “Perancangan Sistem *Safety helmet* Dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung Serta Posisi Dan Komunikasi Menggunakan Esp32”

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kinerja sistem sensor detak jantung dan sensor posisi akurat dan nyaman digunakan?
2. Bagaimana keandalan *safety helmet* dalam mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya dan komunikasi secara efektif?

C. Batasan Masalah

1. Sensor Gas MQ-135 digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya.
2. Sensor detak jantung *pulse sensor amped* digunakan untuk memantau detak jantung pekerja.
3. Modul ESP32-WROOM-32 berfungsi sebagai pengontrol utama dan Wi-Fi.
4. GPS Module NEO-6M digunakan untuk pelacakan lokasi.
5. *Intercom*: Sistem komunikasi berbasis suara yang terintegrasi dalam helm untuk memfasilitasi komunikasi antarpekerja.
6. *Safety helmet* adalah alat utama yang digunakan untuk melindungi kepala dari cedera akibat benturan, penetrasi, dan bahaya lainnya.
7. Prototipe (*prototype*) ini berukuran 59 cm dan diameter 18,47 cm.

8. Prototipe (*prototype*) ini menggunakan interkom di sisi kanan helmet dan sensor gas di sisi kiri helmet.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui kinerja sistem sensor detak jantung dan sensor posisi akurat dan nyaman digunakan.
2. Mengetahui keandalan *safety helmet* dalam mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya dan komunikasi secara efektif.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktis

- a. Bagi Operator dan Teknisi Kapal

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam memantau kondisi detak jantung pekerja dan mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya di atas kapal secara real-time. Sistem *safety helmet* yang dikembangkan mampu membantu officer dan crew kapal dalam menjaga keselamatan kerja melalui fitur interkom dan pelacakan lokasi, sehingga tindakan pencegahan kecelakaan akibat benturan atau paparan bahaya lainnya dapat dilakukan lebih cepat.

- b. Bagi Operasional Kapal

Penerapan sistem *safety helmet* pintar berbasis ESP32-WROOM-32 ini dapat memudahkan para *officer* dalam mengontrol keselamatan kru secara terpusat. Dengan adanya sistem yang dapat diakses

dimanapun dan kapanpun melalui server terkait, maka risiko kecelakaan kerja di atas kapal dapat diminimalkan, keselamatan lingkungan kerja maritim meningkat, serta respons komunikasi antarpekerja dapat berjalan dengan lebih efektif.

2. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan kajian ilmiah di bidang teknologi keselamatan pelayaran, khususnya mengenai pengembangan inovasi sistem helmet pintar yang mengintegrasikan ESP32, sensor gas MQ-135, *pulse sensor* amped, modul GPS NEO-6M, dan *intercom* sesuai dengan kebutuhan di zaman sekarang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Review Penelitian ini didasarkan pada sejumlah studi dan jurnal dalam lima tahun terakhir yang berkaitan dengan teknologi keselamatan di industri maritim dan penggunaan sensor dalam alat pelindung diri. Berikut ini adalah beberapa jurnal yang relevan:

Tabel 2. 1 *Review* Penelitian Sebelumnya
Sumber: Dokumen Pribadi

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan
1	Relin Jane Mascarenha, 2021	<i>Gas Detection System using Arduino International Journal of Engineering Research & Technology (2021)</i>	Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kebocoran gas menggunakan Arduino, sistem ini menggunakan sensor MQ-2 yang mampu mendeteksi gas berbahaya seperti LPG. Jika terdeteksi adanya kebocoran, sistem akan menyala kan alarm dan display pesan peringatan di LCD. Selain itu, sistem juga akan memutus pasokan listrik dan menghidupkan kipas ekstraksi untuk mengeluarkan gas dari area. Pengembang sistem juga mengintegrasikan GSM module untuk mengirimkan notifikasi kepada pemilik sistem.	Jika Penelitian sebelumnya menggunakan sensor gas MQ -2 yang hanya bisa mendeteksi gas karbon monoksida (CO2). Penelitian saya dilengkapi dengan sensor gas MQ-135 yang bisa mendeteksi beberapa gas seperti ammonia (NH3), Benzene (C6H6) Alcohol (COH) secara <i>real-time</i> .
2	Panji Wiratama Santos o, 2019	Sistem Keamanan Helm Berbasis <i>Helm Internet of Things</i> dengan Fitur Pelacakan Menggunakan	Sistem pendeteksi pencurian helm berbasis Internet of Things yang telah dirancang dan diimplementasikan menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi apakah terjadi pencurian	Jika Penelitian sebelumnya tentang system keamanan helm menggunakan fitur pelacakan android dan terkoneksi dengan sepeda motor.

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan
		Android Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi) (2021)	helm atau tidak berdasarkan koneksi Bluetooth antara perangkat keras pada helm dan sepeda motor. Jika koneksi Bluetooth terputus, maka alarm pada motor akan berbunyi dan aplikasi Android akan menampilkan notifikasi bahwa helm dalam keadaan tercuri. Selain itu, sistem juga mampu melacak lokasi helm jika terjadi pencurian berdasarkan data koordinat longitude dan latitude yang didapatkan dari modul GPS pada helm.	Penelitian saya tentang <i>safety helmet</i> yang menggunakan sensor gas MQ 135 yang menggunakan microcontroller ESP32 serta menggunakan <i>intercom</i> untuk bekerja di atas kapal karena mengefisiensi komunikasi.
3	Sergio Márquez - Sánchez, 2020	<i>Smart Helmet 5.0 for Industrial Internet of Things Using Artificial Intelligence Faculty of Creative Technology & Heritage, University Malaysia Kelantan (2020)</i>	Penelitian ini menyajikan <i>prototype</i> helm pintar yang memantau kondisi lingkungan kerja pekerja dan melakukan evaluasi resiko secara hampir real- time. Data yang dikumpulkan oleh sensor- sensor dikirim ke platform berbasis kecerdasan buatan untuk dianalisis.,	Jika penelitian sebelumnya menggunakan gps dengan berbasis <i>internet of thing</i> Penelitian saya menggunakan microcontroller ESP 32 serta wifi untuk menghubungkan dengan helm dan sensor keselamatan yaitu sensor MQ135 yang mendeteksi gas berbahaya.
4	Yosoon Choi, 2021	<i>Applications of Smart Helmet in Applied Sciences: A Systematic Review Department of Energy Resources Engineering, Pukyong National University (2021)</i>	Penelitian ini melakukan tinjauan sistematis terhadap aplikasi helm cerdas di bidang ilmu terapan. Tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau status saat ini dan tren penelitian helm cerdas secara sistematis. Konsep moduler satu papan berbasis, seperti papan arduino, dan sensor untuk memantau kesehatan manusia telah banyak digunakan untuk mengembangkan helm cerdas.	Jika penelitian sebelumnya menggunakan temperature detector dan <i>arduino</i> Penelitian saya menggunakan ESP32 sebagai microcontroller dan menggunakan sensor detak jantung sebagai sensor kesehatan.

No	Nama	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan
5	Arya Gusman Saleh, 2023	Rancang Bangun Sistem Pengecekan <i>Safety helmet</i> dan Masker Pada Proyek Pembangunan dengan Metodologi YOLOv5 Dengan Mikrokontrolle r Sebagai Indikator Jurnal Spektrum (2023)	Sistem pengecekan <i>safety helmet</i> dibuat menggunakan metode You Only Look Once versi 5 (YOLOv5) dan mikrokontroler ESP32 sebagai indikator. Dataset berjumlah 350 memakai atau tidak memakai <i>safety helmet</i> dan masker menggunakan YOLOv5 selama 50 epoch untuk membentuk model deteksi.	Jika Penelitian sebelumnya menggunakan pendeteksi esp 32 untuk pengecekan <i>safety helmet</i> penelitian saya merancang <i>safety helmet</i> yang digunakan saat bekerja yang mengutamakan sensor gas dan alat komunikasi berupa <i>intercom</i> untuk mengefisiensi komunikasi antar pekerja di atas kapal.

Berdasarkan tabel perbandingan di atas, terdapat beberapa persamaan mendasar antara penelitian yang diusulkan dengan referensi penelitian terdahulu yang terletak pada fokus pengembangan sistem keselamatan kerja berbasis *wearable device* berbentuk helm cerdas (*smart safety helmet*). Selain itu, terdapat kesamaan pada penggunaan jenis sensor parameter lingkungan dan kesehatan, seperti sensor gas untuk mendeteksi paparan senyawa berbahaya di area kerja serta sensor detak jantung (*pulse sensor*) untuk memantau kondisi vitalitas fisik pekerja secara langsung. Seluruh penelitian terdahulu tersebut juga sama-sama memanfaatkan konsep *Internet of Things (IoT)* untuk pengiriman data nirkabel guna mendukung pemantauan jarak jauh demi meminimalisasi risiko kecelakaan kerja di lingkungan operasional.

Meskipun memiliki persamaan fungsional, penelitian ini memiliki kebaruan ilmiah (*novelty*) yang kuat dan membedakannya secara signifikan melalui sentralisasi mikrokontroler berbasis ESP32 sebagai pusat pemrosesan data tunggal. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang mayoritas masih menggunakan kombinasi dua mikrokontroler terpisah seperti Arduino Uno dan

modul nirkabel eksternal, penggunaan ESP32 pada KIT ini berhasil memangkas dimensi fisik rangkaian menjadi lebih ringkas (*compact*), menghemat konsumsi daya baterai, serta menekan biaya produksi (*low-cost*). Kebaruan lainnya juga terletak pada arsitektur perangkat lunak transmisi data ganda yang mengintegrasikan ESP32 dengan *dashboard monitoring* grafis *real-time* sekaligus *Buzzer* sebagai *early warning system* otomatis yang mengirimkan koordinat lokasi GPS secara instan saat kondisi darurat terdeteksi. Seluruh rancang bangun ini dispesifikasikan khusus untuk K3 maritim guna menghadapi tantangan redaman sinyal dan risiko gas beracun di ruang terbatas (*enclosed space*) seperti galangan dan palka kapal.

B. Landasan Teori

1. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah sensor gas yang banyak digunakan untuk mendeteksi gas berbahaya seperti amonia, benzena, alkohol, dan asap di udara (Al-Hassan, S., & Al-Mahdi, F. 2020). Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi material sensor ketika terpapar gas tertentu. Ketika konsentrasi gas meningkat, resistansi material sensor berubah, dan perubahan ini diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diukur.



Gambar 2. 1 Modul Sensor MQ-135

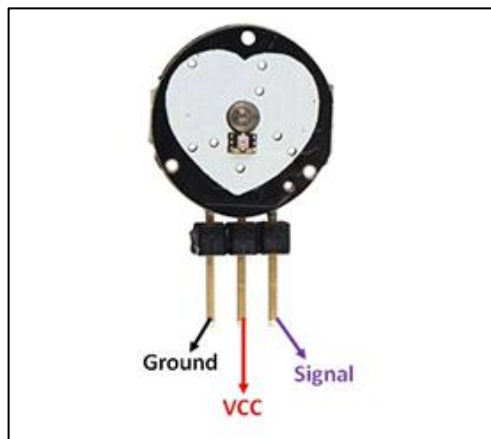
Sumber: <https://store.ichibot.id/product/sensor-mq-135-air-quality-detectionsensor-kualitas-udara/> (Diakses pada 06 Februari 2026)

Pada Gambar 2.1 merupakan Sensor MQ-135 yaitu sebuah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara dengan cara mendeteksi keberadaan berbagai jenis gas seperti benzena, alkohol, asap, dan lainnya. Sensor ini bekerja pada tegangan input 5V DC dengan arus sebesar 150mA. MQ-135 memiliki kemampuan untuk mendeteksi gas-gas seperti amonia (NH_3), natrium-(di) oksida (NO_x), alkohol/etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), benzena (C_6H_6), karbon dioksida (CO_2), gas belerang/sulfur-hidroksida (H_2S), dan gas-gas lainnya yang terdapat di atmosfer. Dengan kemampuannya dalam mendeteksi berbagai jenis gas tersebut, sensor ini menjadi sangat berguna dalam memantau kualitas udara di berbagai lingkungan, seperti di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Dengan demikian, penggunaan sensor MQ-135 dapat membantu dalam memastikan kualitas udara yang sehat dan aman untuk pernapasan manusia serta makhluk hidup lainnya. (IJARCCE, 2025)

2. Sensor Detak Jantung (*Pulse sensor Amped*)

Pulse sensor Amped adalah sensor detak jantung yang dirancang untuk memantau detak jantung manusia (Brown, T., & Smith, J. 2021).

Sensor ini mengukur detak jantung dengan mendeteksi perubahan volume darah yang terjadi ketika jantung memompa darah ke seluruh tubuh. Data yang dihasilkan oleh sensor ini dapat digunakan untuk memantau kondisi kesehatan dan tingkat stres pekerja.



Gambar 2. 2 Modul *Pulse sensor Amped*

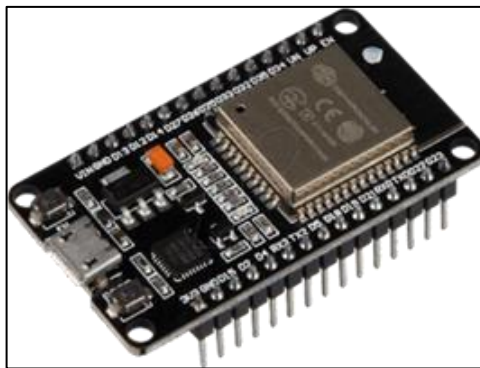
Sumber: <https://www.faranux.com/product/heart-rate-pulse-sensor/>

(Diakses pada 06 Februari 2026)

Menurut Gambar 2.2 Sensor detak jantung *Pulse sensor Amped* merupakan sebuah perangkat sensor yang dapat diintegrasikan dengan Arduino untuk mengukur detak jantung seseorang. Sensor ini memiliki berbagai kegunaan dalam proyek-proyek yang memerlukan pemantauan detak jantung. Prinsip kerja dari sensor ini adalah merespons perubahan relatif dalam intensitas cahaya. Ketika jumlah cahaya yang diterima oleh sensor konstan, nilai sinyal akan tetap pada (atau mendekati) 512, yang merupakan titik tengah dari rentang ADC Arduino 10 bit. Namun, jika jumlah cahaya meningkat, maka nilai sinyal juga akan naik. Sebaliknya, jika jumlah cahaya berkurang, maka nilai sinyal akan turun. Dengan demikian, sensor ini dapat memberikan informasi yang akurat terkait dengan detak jantung seseorang. Dengan fitur-fitur yang dimilikinya, *Pulse sensor Amped* dapat menjadi solusi yang efektif dalam pemantauan detak jantung pada berbagai aplikasi.

3. ESP32

NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi (Arya Gusman Saleh, 2023). NodeMCU ESP32 digunakan secara luas dalam aplikasi Internet of Things (IoT) karena kemampuannya untuk mengirim dan menerima data secara nirkabel. Dalam penelitian ini, NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai pusat pengontrol untuk mengumpulkan data dari sensor gas dan detak jantung serta mengirimkan data tersebut ke pusat kontrol melalui jaringan nirkabel.



Gambar 2. 3 Modul NodeMCU ESP32

Sumber: <https://raharja.ac.id/wp-content/uploads/2021/11/ESP32-Module.png> (Diakses pada 06 Februari 2026)

Berdasarkan Gambar 2.3 di atas NodeMCU merupakan sebuah *board* elektronik yang sangat populer untuk pengembangan aplikasi sistem mikrokontroler. *Board* ini memiliki chip ESP8266 yang mampu menjalankan fungsi mikrokontroler dan koneksi internet (WiFi). Salah satu kelebihan utama dari NodeMCU ESP32 adalah keberadaan *dual-core processor* yang memberikan performa yang lebih baik dibandingkan dengan satu inti prosesor. Selain itu, ESP32 juga mendukung konektivitas WiFi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2, serta memiliki konsumsi daya rendah yang cocok untuk aplikasi baterai atau perangkat portabel. Dengan berbagai

antarmuka periferan seperti I2C, SPI, UART, ADC, DAC, dan PWM, NodeMCU ESP32 dapat terhubung dengan berbagai sensor dan aktuator. Harga yang terjangkau, dukungan komunitas yang besar, kompatibilitas dengan Arduino, dan keamanan yang lebih baik melalui *Embedded Secure Element* membuat NodeMCU ESP32 menjadi pilihan yang sangat menarik untuk pengembangan aplikasi mikrokontroler nirkabel.

4. GPS (NEO-6M)

Modul GPS NEO-6M adalah modul GPS yang digunakan untuk melacak lokasi dengan presisi tinggi (Chen, L., & Zhang, Y. 2019). Modul ini bekerja dengan menerima sinyal dari satelit GPS dan menghitung posisi berdasarkan waktu tempuh sinyal. Dengan integrasi GPS pada helm keselamatan, posisi pekerja dapat dipantau secara real time, yang sangat berguna dalam situasi darurat.



Gambar 2. 4 Modul GPS NEO-6M

Sumber: <https://www.digital.com/blog/2019/06/11/panduanbelajar-menggunakan-gps-ublox-neo6m-dengan-arduino/> (Diakses pada 06 Februari 2026)

Menurut Gambar 2.4 Modul GPS NEO-6M adalah perangkat berukuran ringkas yang berfungsi sebagai penerima GPS (*Global Positioning System Receiver*). Modul ini mampu mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari modul ini sangat luas, mulai dari sistem navigasi, sistem keamanan terhadap kemalingan pada kendaraan atau perangkat bergerak, hingga akuisisi data pada sistem pemetaan medan dan penjejak

lokasi. Modul ini juga kompatibel dengan APM2 dan APM2.5, dilengkapi dengan EEPROM terpadu yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. Antarmuka modul ini menggunakan serial TTL (RX/TX) yang dapat diakses dari mikrokontroler yang memiliki fungsi UART atau emulasi serial TTL. Pada Arduino, modul ini dapat diakses menggunakan pustaka komunikasi serial yang sudah tersedia dalam paket Arduino IDE. *Baud rate* modul ini diset secara *default* di 9600 bps. Dengan beragam fitur dan aplikasi yang dimilikinya, modul GPS NEO-6M menjadi pilihan yang tepat untuk berbagai kebutuhan sistem navigasi dan pemantauan lokasi.

5. *Intercom*

Sistem *intercom* adalah sistem komunikasi suara yang memungkinkan pekerja untuk berkomunikasi satu sama lain secara langsung (Kuo, Y., & Lee, C. 2021). Dalam konteks keselamatan kerja di atas kapal, *intercom* membantu dalam koordinasi dan respons cepat terhadap situasi darurat. Integrasi *intercom* dalam helm keselamatan memastikan bahwa pekerja selalu dapat berkomunikasi dengan tim mereka tanpa terganggu oleh peralatan tambahan.



Gambar 2. 5 *Intercom Type Dk02 Plus*

Sumber: <https://livewithit.eraspace.com/product/it-intercom-bluetoothheadset-e1-black> (Diakses pada 06 Februari 2026)

Berdasarkan Gambar 2.5 interkom nirkabel adalah alat komunikasi tanpa kabel yang sangat efisien dan praktis. Dengan teknologi yang digunakan, interkom

ini dapat membantu mengurangi suara bising di sekitar pengguna, sehingga suara-suara penting seperti klakson mobil atau sirene ambulans dapat didengar dengan lebih jelas. Manfaat ini sangat penting dalam situasi darurat maupun dalam meningkatkan efisiensi komunikasi di lingkungan kerja atau tempat tinggal. Interkom nirkabel biasanya digunakan sebagai sarana komunikasi antar ruangan atau bagian di lingkungan kantor, rumah, atau toko. Keunggulan lainnya adalah tidak memerlukan pulsa untuk beroperasi, sehingga sangat hemat biaya. Dengan menggunakan jaringan listrik sebagai konektor atau penghubungnya, interkom nirkabel memberikan solusi komunikasi yang efisien untuk kebutuhan komunikasi internal di berbagai lingkungan.

6. *Buzzer*

Buzzer merupakan komponen elektronik yang memegang peranan penting dalam menghasilkan suara atau bunyi (Kurniawan Siregar et al., 2022). Dalam konteks penggunaan Arduino, *Buzzer* sering digunakan untuk memberikan umpan balik audio atau peringatan kepada pengguna. *Buzzer* dapat dengan mudah disambungkan ke pin digital pada board Arduino dan diatur untuk diaktifkan atau dinonaktifkan melalui kode program yang sesuai. Pemanfaatan *Buzzer* pada proyek-proyek Arduino memiliki beragam manfaat yang signifikan, seperti memberikan peringatan jika suhu atau kelembaban melebihi ambang batas tertentu, atau memberi tanda jika terdeteksi adanya gerakan oleh sensor.



Gambar 2. 6 Buzzer

Sumber: <http://id.gnscomponent.com/development-board/high-> (Diakses pada 06 Februari 2026)

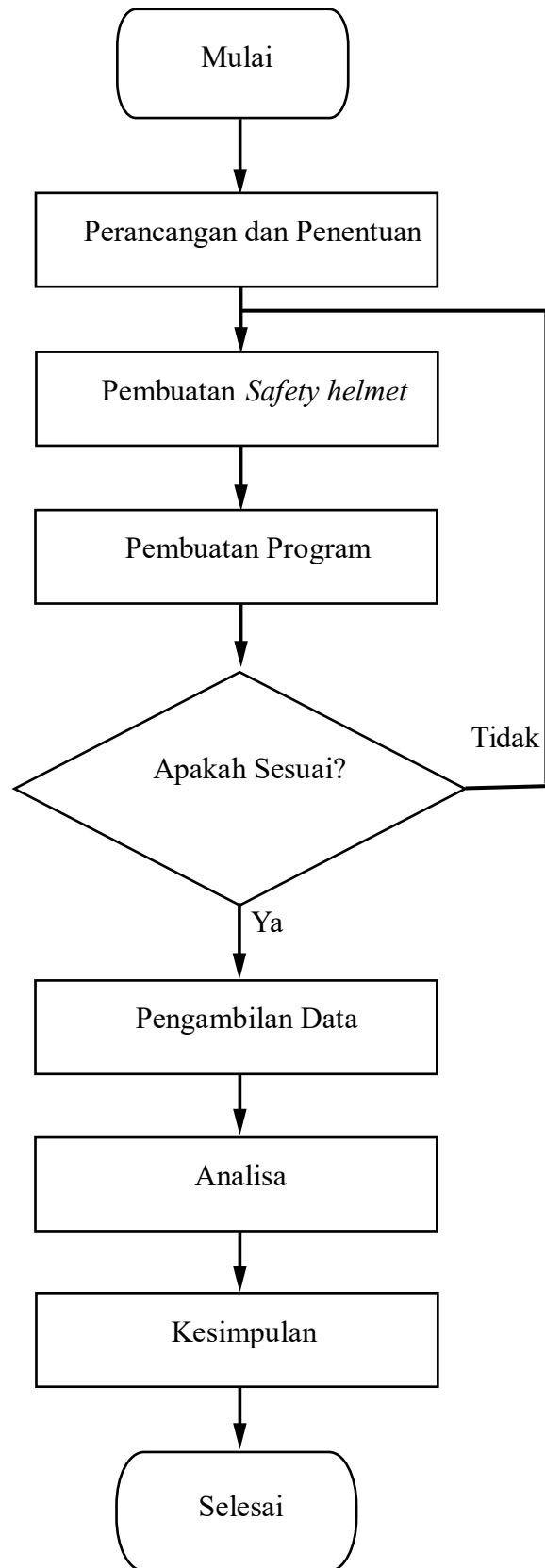
Berdasarkan Gambar 2.6 selain itu, *Buzzer* juga dapat digunakan untuk memainkan nada-nada sederhana, sehingga dapat dimanfaatkan dalam proyek-proyek yang melibatkan pembuatan musik atau alarm. Dengan kemudahan penggunaannya, *Buzzer* menjadi komponen yang sering digunakan dalam berbagai proyek Arduino. Dalam mengimplementasikan *Buzzer* pada proyek Arduino, diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai cara kerja dan konfigurasi yang tepat, termasuk pemilihan jenis *Buzzer* yang sesuai dengan kebutuhan proyek, penyesuaian koneksi dengan board Arduino, serta penulisan kode program yang efisien dan efektif.

C. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka berpikir adalah dasar pemikiran dari penelitian yang disintesis dari fakta-fakta, observasi, dan telaah penelitian (Kerangka Dasar Penelitian Oleh: Dra. Rahmanelli, n.d.). Kerangka pikir memuat teori, dalil, atau konsep-konsep yang akan dijadikan dasar dalam penelitian. Uraian dalam

kerangka pikir ini menjelaskan antarvariabel yang kemudian disusun untuk menganalisis permasalahan yang dibahas agar dapat mempermudah dalam pembahasan secara terperinci saat menjelaskan antarvariabel.

Kerangka penelitian ini menggambarkan tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis, dimulai dari identifikasi masalah dan studi literatur sebagai dasar penentuan konsep serta landasan teori. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem yang meliputi perancangan *software*, sistem monitoring, dan sistem elektrikal. Sistem yang telah dirancang kemudian diuji untuk memastikan kesesuaian kinerja alat. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif, dan hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan penelitian.



Gambar 2. 7 Flowchart Kerangka Berpikir Penelitian *Safety helmet*
Sumber: Dokumen pribadi

Berdasarkan gambar *flowchart* sistem di atas, alur kerja dari *prototype safety helmet* berbasis ESP32 ini dirancang secara sistematis dimulai dari tahap inisialisasi komponen keras saat perangkat pertama kali dinyalakan. Pada tahap awal ini, mikrokontroler ESP32 akan mengaktifkan sensor MQ-135, *pulse sensor*, modul GPS NEO-6M, serta membangun konektivitas *Wi-Fi* untuk menghubungkan alat ke jaringan internet. Setelah inisialisasi berhasil, ketiga sensor utama akan bekerja secara simultan untuk membaca data kondisi fisik pekerja dan lingkungan sekitar. Sensor MQ-135 berfungsi mendeteksi konsentrasi gas berbahaya, *pulse sensor* mengukur frekuensi detak jantung pekerja (BPM) secara *real-time*, dan modul GPS NEO-6M menangkap koordinat posisi garis lintang serta bujur secara akurat.

Data mentah (*raw data*) yang diperoleh dari seluruh sensor tersebut kemudian masuk ke dalam pin input ESP32 untuk diolah secara digital menjadi informasi parameter keselamatan. Setelah proses pengolahan data selesai, ESP32 akan mentransmisikan informasi tersebut secara nirkabel memanfaatkan jaringan internet menuju dua *platform monitoring* utama. *Platform* Wifi sebagai *dashboard monitoring interface* untuk menyajikan visualisasi data grafik detak jantung, kadar gas (ppm), dan lokasi pekerja secara *real-time*. *Platform* kedua adalah *Buzzer* yang bertindak sebagai *early warning system* untuk mengirimkan pesan peringatan otomatis ke ponsel pengawas apabila terdeteksi parameter kondisi bahaya pada pekerja. Seluruh proses pembacaan, pengolahan, hingga pengiriman data ini berjalan secara berulang (*looping*) terus-menerus selama perangkat aktif guna memastikan sistem pemantauan keselamatan kerja berjalan tanpa terputus.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa teknik (*Engineering Research*) berbasis kuantitatif, dengan melakukan pengujian eksperimental, yang bertujuan untuk menganalisis karakteristik deteksi parameter gas berbahaya, kondisi vitalitas detak jantung pekerja, serta komunikasi audio pada *safety helmet* berdasarkan data numerik yang dihasilkan oleh sensor MQ-135, *pulse sensor* *amped*, dan modul GPS NEO-6M. Menurut Sugiyono (2019), metode eksperimen ditujukan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu dalam kondisi yang terkendali, sedangkan Creswell (2016) mendefinisikannya sebagai manipulasi variabel bebas untuk mengamati dampaknya terhadap variabel terikat guna menguji hubungan sebab-akibat.

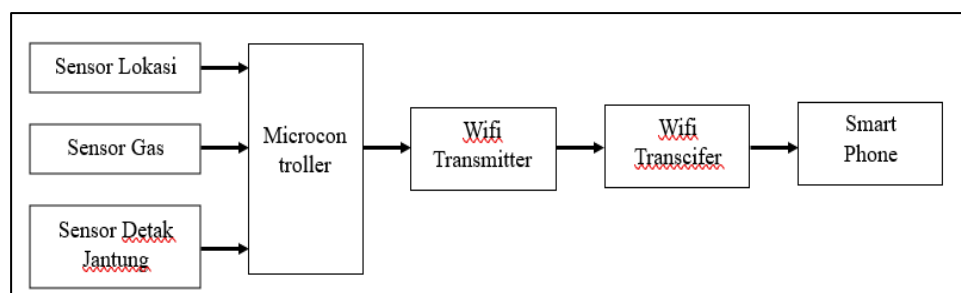
Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah variasi tingkat paparan gas (kondisi normal dan tidak normal) serta variasi kondisi fisik pekerja (kondisi istirahat dan aktivitas berat). Sedangkan variabel terikatnya adalah nilai respons pembacaan sensor MQ-135 (ppm), nilai lonjakan BPM pada *pulse sensor*, serta tingkat akurasi pengiriman data koordinat oleh modul GPS NEO-6M. Hubungan sebab-akibat dalam pengujian eksperimental ini dianalisis melalui implikasi perubahan variabel bebas terhadap variabel terikat secara langsung. Pemberian perlakuan berupa variasi tingkat paparan gas beracun (sebab) akan memicu respons fluktuasi pada nilai konsentrasi *part-per-million* atau ppm yang dibaca oleh sensor MQ-135 (akibat). Demikian pula dengan manipulasi kondisi fisik pekerja melalui aktivitas berat (sebab) yang akan mengakibatkan lonjakan

frekuensi detak jantung atau *Beats Per Minute* (BPM) pada *pulse sensor*. Melalui skema ini, karakteristik performa dan keandalan sistem *safety helmet* dalam merespons perubahan kondisi bahaya di lingkungan maritim dapat diukur dan divalidasi secara terukur.

Tahapan eksperimen pada penelitian *safety helmet* ini meliputi: (1) perencanaan skenario dengan membagi kondisi keselamatan pekerja menjadi parameter normal dan tidak normal; (2) persiapan serta kalibrasi perangkat keras yang mengintegrasikan sensor MQ-135, *pulse sensor amped*, dan GPS NEO-6M dengan mikrokontroler ESP32; (3) pemberian perlakuan (*treatment*) berupa simulasi paparan gas berbahaya untuk memicu sensor MQ-135 serta manipulasi kondisi fisik pekerja untuk memicu lonjakan BPM pada *pulse sensor*; dan (4) pengumpulan serta analisis data kuantitatif secara *real-time* untuk mengukur tingkat deviasi dan akurasi sistem. Pendekatan ini memfasilitasi perolehan data kadar gas dan detak jantung secara akurat berdasarkan variabel bebas dari kondisi keselamatan pekerja.

A. Perancangan Sistem

1. Blok Diagram

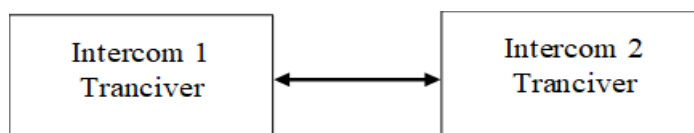


Gambar 3. 1 Blok Diagram (Perancangan Sistem *Safety helmet* Dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung Serta Posisi Dan Komunikasi Menggunakan Esp32)

Sumber: Dokumen Pribadi

Pada Gambar 3.1 ditunjukkan blok diagram sistem yang menggambarkan hubungan kerja antar komponen pada *prototype* penelitian. Pada bagian proses, ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama yang bertugas menerima dan mengolah data hasil pembacaan sensor gas, sensor detak jantung, dan modul lokasi. Selain itu, sistem juga mengatur proses distribusi sumber daya yang digunakan oleh seluruh rangkaian alat sehingga *prototype* dapat bekerja secara stabil dan terintegrasi. Sedangkan bagian output merupakan hasil akhir dari proses pemantauan yang menampilkan kondisi pekerja berdasarkan data parameter yang diperoleh sensor. Data hasil pemantauan selanjutnya ditampilkan secara *real-time* melalui sistem monitoring dan modul interkom sehingga kondisi keselamatan dapat diketahui secara lebih cepat dan mudah dipantau.

Mengenai rincian hubungan komponen pada Gambar 3.1, bagian input ditunjang oleh Sensor Gas MQ-135 yang bertugas mendeteksi konsentrasi gas berbahaya di sekitar pekerja, serta Sensor Detak Jantung *Pulse sensor Amped* untuk memantau kondisi denyut nadi pekerja. Data dari kedua sensor tersebut bersama dengan data dari sensor lokasi GPS NEO-6M dikumpulkan oleh modul pengontrol utama ESP32-WROOM-32 untuk kemudian dikirimkan menuju pusat kontrol melalui jaringan komunikasi nirkabel Wi-Fi secara berkelanjutan.



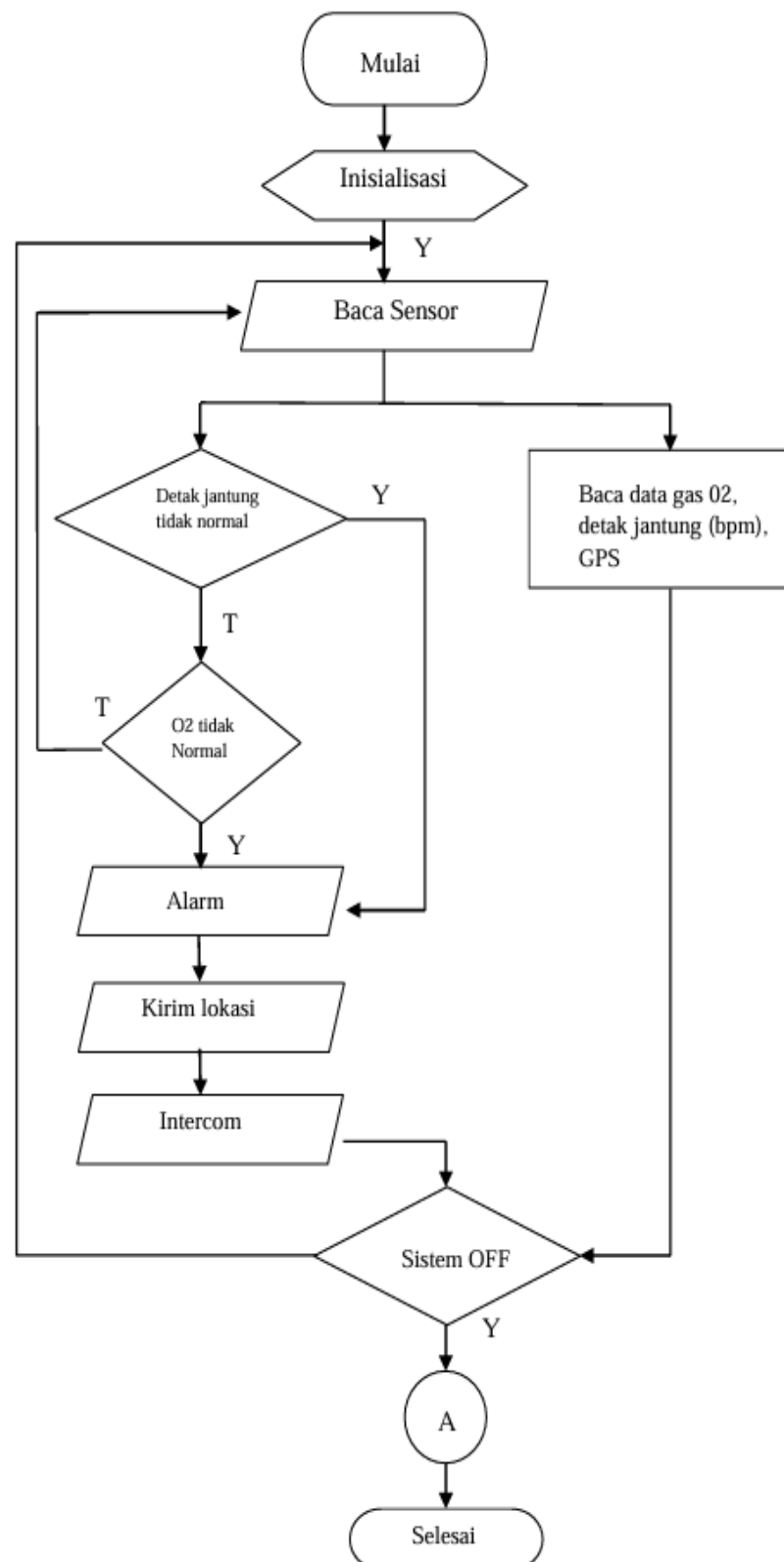
Gambar 3. 2 Blok diagram (Perancangan Sistem *Safety helmet* Dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung Serta Posisi Dan Komunikasi Menggunakan Esp32)

Sumber: Dokumen Pribadi

Hubungan kerja pada Gambar 3.2 menjelaskan sistem komunikasi nirkabel dua arah yang terintegrasi pada alat. Intercom 1 berfungsi sebagai pemancar sekaligus penerima yang mengirimkan komunikasi suara ke arah intercom 2, sedangkan intercom 2 bertugas menerima dan mengirimkan kembali komunikasi dari intercom 1 secara timbal balik sehingga koordinasi antarpekerja dapat berjalan efektif

2. Sistem Kerja

Sistem kerja perancangan *safety helmet* ini dimulai dengan mengaktifkan semua komponen dan inisialisasi sensor serta modul. Data dari sensor gas, sensor detak jantung, dan GPS dibaca dan dianalisis. Jika ada kondisi abnormal (konsentrasi gas berbahaya tinggi, detak jantung tidak normal, atau lokasi tidak valid), sistem mengirimkan peringatan berupa alarm ke pekerja dan mengirim data ke pusat kontrol. Data yang normal juga dikirimkan ke pusat kontrol untuk pemantauan secara *real-time*.

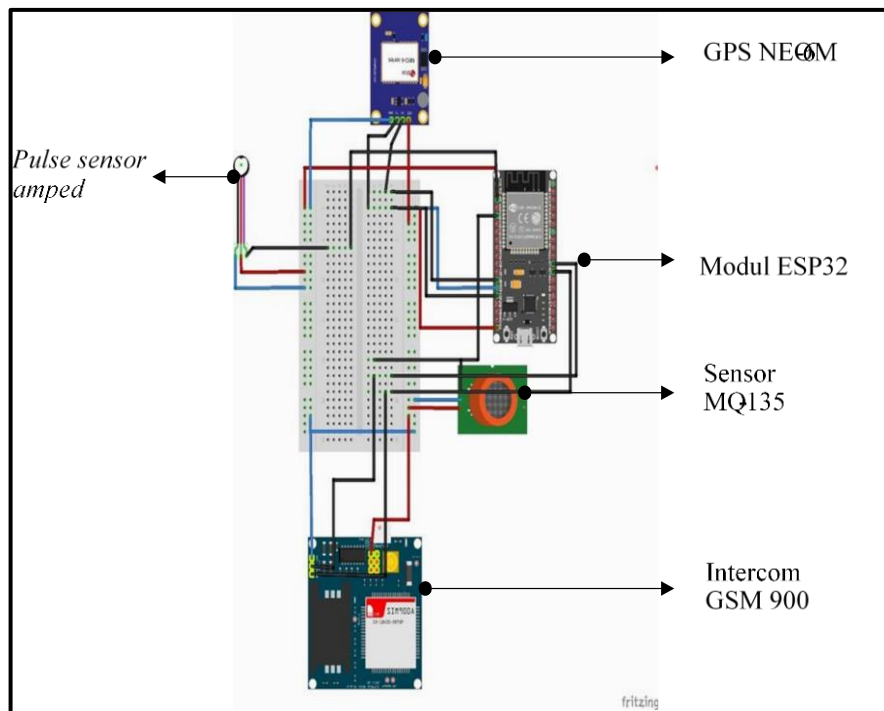


Gambar 3. 3 *flowchart* sistem *safety helmet*
 Sumber : Dokumen Pribadi

Pada Gambar 3.3 merupakan *flowchart* sebagai pengenalan alur kerja dari *prototype* yang dikembangkan oleh peneliti. *Flowchart* tersebut berisi alur pembacaan dua sensor utama, di mana sensor gas diset untuk mendeteksi kadar oksigen dengan batas normal 19%. Jika sensor mendeteksi kadar gas di bawah batasan tersebut, maka mikrokontroler secara otomatis mengaktifkan alarm pembunyian sebagai tanda bahaya. Pada waktu yang bersamaan, sensor detak jantung membaca denyut fisik pengguna dengan batas aman antara 60 bpm hingga 120 bpm, sehingga jika data pembacaan berada di luar rentang tersebut, alarm akan langsung berbunyi. Seluruh data hasil pembacaan ini dikirim secara berkala untuk ditampilkan *database*, sementara koordinasi darurat di lapangan didukung oleh modul interkom yang terpasang pada helm. (MDPI, 2026)

B. Perancangan Alat

Perancangan alat merupakan penggambaran komponen dari *prototype* yang dikembangkan oleh peneliti. Peneliti merancang alat ini dengan skema sensor yang digunakan, mikrokontroler sebagai pemroses, serta output berupa alarm, interkom, dan tampilan data. Perancangan alat ini merinci susunan rangkaian elektrikal pada *prototype* penelitian agar hubungan antar komponen dapat dipahami dengan lebih mudah oleh pembaca.



Gambar 3. 4 Wiring Diagram (Perancangan Sistem *Safety helmet* Dengan Pendeteksi Gas, Detak Jantung Serta Posisi Dan Komunikasi Menggunakan Esp32)

Sumber: Dokumen Pribadi

Pada Gambar 3.4 ditunjukkan *wiring diagram* sistem yang dirancang untuk menggambarkan susunan rangkaian elektrik pada komponen *safety helmet*. Hubungan pin koneksi antarkomponen mikrokontroler NodeMCU ESP32 dengan modul pendukung dijelaskan secara rinci pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. 1 NodeMCU ESP32 dengan Modul GPS (NEO-6M)

NodeMCU ESP32	Modul GPS (NEO-6M)
GPIO 13 TX	Pin RX (Kabel hitam)
GPIO 12 RX	Pin TX (Kabel hitam)
GND	GND (Kabel BIRU)
5V	VCC (Kabel Merah)

Tabel 3. 2 Pin NodeMCU ESP32 dengan sensor *Pulse sensor* Amped

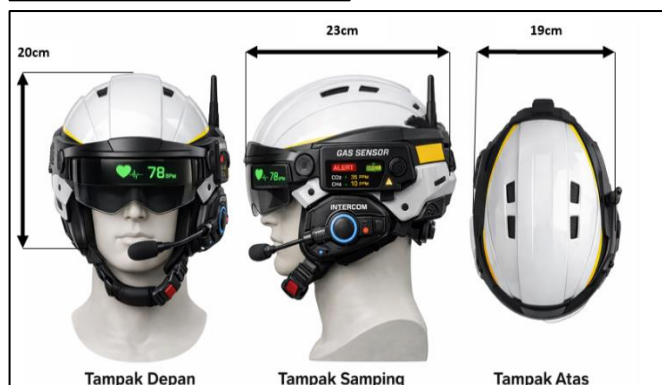
NodeMCU ESP32	Modul Sensor <i>Pulse sensor</i> Amped
SP	Pin S (Kabel Hitam)
GND	GND (Kabel Biru)
3.3V	3.3V (Kabel Merah)

Tabel 3. 3 Pin NodeMCU ESP32 dengan Modul GSM SIM900

NodeMCU ESP32	Modul GSM SIM900
GPIO 17	Pin TX (Kabel Hitam)
GPIO 16	Pin RX (Kabel Hitam)
GND	GND (Kabel Biru)
5V	VCC (Kabel Merah)

Tabel 3. 4 Pin NodeMCU ESP32 dengan Sensor Gas (MQ-135)

NodeMCU ESP32	Modul Echo Sounder
GPIO 34	Pin Analog (Kabel Hitam)
GND	GND (Kabel Biru)
5V	VCC (Kabel Merah)



Gambar 3. 5 Desain Perancangan

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan gambar 3.5 perancangan fisik *prototype safety helmet* ini dirancang secara ergonomis dengan tiga sudut pandang utama. Pada tampak depan dengan tinggi 20 cm, helm dilengkapi dengan kaca pelindung (*visor*) terintegrasi layar HUD transparan yang menampilkan data detak jantung pekerja secara *real-time* (simulasi menunjukkan 78 bpm), mikrofon, serta sebuah antena nirkabel pada sisi atas. Sisi tampak samping memiliki panjang 23 cm yang memuat modul sensor gas eksternal dengan layar indikator parameter gas (simulasi CO₂ 35 ppm dan CH₄ 10 ppm) beserta status alarm bahaya. Tepat di bawahnya, terpasang perangkat interkom nirkabel dua arah yang dilengkapi kenop kontrol volume melingkar berwarna biru untuk memudahkan koordinasi pekerja. Sementara itu, tampak atas dengan lebar 19 cm memperlihatkan struktur tempurung helm yang simetris dengan celah ventilasi udara untuk menjaga kenyamanan suhu pengguna. Seluruh komponen elektronika pendukung dan pengabelan internal dirancang tertanam rapi di dalam cangkang lateral guna melindunginya dari benturan mekanis dan kondisi lingkungan maritim yang ekstrem.

C. Rencana Pengujian

Metode rencana pengujian sangat dibutuhkan untuk pengumpulan data, di mana pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi numerik yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian kuantitatif ini.

1. Pengujian Statis

Pengujian Statis adalah teknik pengujian perangkat lunak yang digunakan untuk memeriksa cacat pada aplikasi perangkat lunak tanpa

mengeksekusi kodenya. Pengujian statis dilakukan untuk menghindari kesalahan pada tahap awal pengembangan karena lebih mudah untuk mengidentifikasi kesalahan dan menyelesaikan kesalahan.

a. Pengujian ESP32

ESP32 dihubungkan ke komputer menggunakan kabel USB dan diuji menggunakan software Arduino IDE. Pengujian meliputi proses upload program untuk memastikan ESP32 dapat diprogram dengan baik, pengujian pembacaan pin digital dan analog menggunakan LED atau serial monitor, serta pengujian komunikasi dengan modul lain seperti sensor dan WiFi. Hasil pengujian dinyatakan berhasil apabila program dapat diunggah tanpa error, pin merespons sesuai perintah, dan komunikasi data berjalan normal.

b. Pengujian Sensor Gas MQ135

Sensor gas MQ-135 dihubungkan ke ESP32 dan diuji dengan membaca nilai keluaran sensor melalui *Serial Monitor* pada Arduino IDE. Pengujian dilakukan dengan memberikan paparan gas (misalnya asap atau udara sekitar) untuk melihat perubahan nilai sensor. Sensor dinyatakan berfungsi dengan baik apabila terjadi perubahan nilai ADC sesuai dengan kondisi udara dan data dapat terbaca secara stabil oleh ESP32.

c. Pengujian Sensor detak jantung

Sensor detak jantung dihubungkan ke ESP32 dan ditempatkan pada jari tangan atau permukaan kulit. Pengujian dilakukan dengan membaca sinyal detak jantung yang ditampilkan pada *Serial Monitor*.

Sensor dinyatakan bekerja dengan baik apabila mampu mendeteksi denyut nadi dan menampilkan nilai BPM (*Beats Per Minute*) yang relatif stabil dan sesuai dengan kondisi normal manusia.

d. Pengujian GPS-Neo 6M

Modul GPS Neo-6M dihubungkan ke ESP32 menggunakan komunikasi serial. Pengujian dilakukan dengan menempatkan modul di area terbuka agar dapat menangkap sinyal satelit. Data latitude dan *longitude* ditampilkan melalui Serial Monitor. Modul GPS dinyatakan berfungsi dengan baik apabila mampu memperoleh sinyal satelit dan menampilkan koordinat lokasi secara akurat.

e. Pengujian *Intercom*

Modul *intercom* diuji dengan menghubungkannya ke ESP32 dan perangkat audio (speaker dan mikrofon). Pengujian dilakukan dengan mengirimkan dan menerima suara melalui *intercom*. Sistem dinyatakan bekerja dengan baik apabila suara dapat diterima dengan jelas tanpa gangguan berarti dan komunikasi dua arah berjalan normal.

2. Pengujian Dinamis

Pengujian dinamis dilakukan untuk mensimulasikan sesuai kondisi lapangan kerja yang sesungguhnya. Pada *setup* pengujian, *safety helmet* dipakai secara langsung untuk memantau aktivitas dalam kondisi yang menyimulasikan lingkungan operasional. Sesuai dengan pelaksanaan penelitian, pengujian dinamis ini disimulasikan di beberapa titik lokasi di lingkungan Politeknik Pelayaran Surabaya, seperti di area Ruang Workshop, Ruang Sport Hall, dan Polaris.

Pengujian sensor gas dilakukan dengan menempatkan sensor di area simulasi paparan gas dalam batas aman untuk menguji respons sistem dalam mengirimkan peringatan dini. Pengujian sensor detak jantung dilakukan saat pekerja melakukan aktivitas fisik yang meningkatkan detak jantung untuk memastikan sensor dapat terus memantau dan melaporkan data denyut secara *real-time*. Pengujian GPS dilakukan saat pekerja bergerak di sekitar lingkungan Politeknik Pelayaran Surabaya, seperti di area Ruang Workshop, Ruang Sport Hall, dan Polaris untuk mengukur keandalan pelacakan lokasi. Pada pengujian interkom, pekerja akan berkomunikasi dengan pusat kontrol menggunakan perangkat audio nirkabel tersebut untuk menguji kualitas penerimaan suara di tengah lingkungan kerja kapal yang *obstacle/nonobstacle*. Seluruh pengamatan kuantitatif ini dikumpulkan melalui skema pengujian helm sebanyak 3 kali percobaan pada subjek pekerja di atas kapal dengan durasi pengambilan data per 5 menit demi memperoleh konsistensi nilai akurasi data sensor.