



REAL TIME SYSTEM AND INTERNET OF THINGS FINAL PROJECT REPORT
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
UNIVERSITAS INDONESIA

**CogniSafe: Sistem Pemantauan Keselamatan Berbasis Internet of Things di Lokasi
Konstruksi**

GROUP B-10

Arka Brian Dewara	2106731421
Muhammad Salman Sadad	2106731371
Rafi' Noval Hady	2106703153
Fatima Khairunnisa	2106651515

PREFACE

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan mata kuliah Proyek Akhir pada program studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam penyusunan laporan proyek akhir yang berjudul “CogniSafe: Sistem Pemantauan Keselamatan Berbasis Internet of Things di Lokasi Konstruksi”, tentunya kami mendapatkan dukungan serta bantuan dari berbagai pihak.

Kami ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada Windiarta, selaku asisten lab yang senantiasa membimbing kami dengan penuh kesabaran dalam menyelesaikan praktikum dan penyusunan laporan ini. Tidak lupa juga kepada seluruh asisten lab lainnya yang telah membantu kelancaran jalannya kegiatan praktikum kami. Serta semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat kami harapkan untuk perbaikan dan kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca yang membutuhkan.

Depok, December 10, 2023

Group B-10

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1.....	4
INTRODUCTION.....	4
1.1 PROBLEM STATEMENT.....	4
1.3 ACCEPTANCE CRITERIA.....	5
1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES.....	5
1.5 TIMELINE AND MILESTONES.....	5
CHAPTER 2.....	7
IMPLEMENTATION.....	7
2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC.....	7
2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT.....	7
2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION.....	8
CHAPTER 3.....	9
TESTING AND EVALUATION.....	9
3.1 TESTING.....	9
3.2 RESULT.....	9
3.3 EVALUATION.....	10
CHAPTER 4.....	11
CONCLUSION.....	11

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 PROBLEM STATEMENT

Lokasi konstruksi merupakan area dengan aktivitas yang kompleks dan berisiko tinggi. Data menunjukkan tingkat kecelakaan dan fatalitas yang masih sangat tinggi pada proyek-proyek konstruksi. Menurut Organisasi Perburuhan Internasional, lebih dari 100.000 pekerja meninggal di tempat kerja setiap tahun, dengan sepertiga kematian terjadi di sektor konstruksi.

Penyebab utama kecelakaan konstruksi antara lain jatuh dari ketinggian, tertimpa material, hingga tersengat listrik. Sistem keselamatan konvensional seperti rambu peringatan, APD, hingga inspeksi berkala terbukti tidak cukup. Diperlukan monitoring cerdas dan real-time terhadap kondisi dan aktivitas di lokasi konstruksi agar potensi bahaya dapat dideteksi lebih dini.

Sayangnya, kontraktor dan pengawas proyek kerap mengandalkan pengamatan visual dan laporan manual dari pekerja dalam memantau keselamatan. Akibatnya, banyak kejadian tidak terdeteksi hingga menimbulkan korban. Diperlukan sistem IoT dan analisis data yang mampu memantau dengan cermat lokasi-lokasi kritis serta aktivitas pekerja berisiko tinggi. Data harus dianalisis secara cerdas agar pengawas proyek dapat mendapat notifikasi dan peringatan dini untuk mencegah kecelakaan di tempat kerja. Dengan demikian, diharapkan tingkat kecelakaan pada proyek konstruksi dapat diturunkan secara signifikan.

1.2 PROPOSED SOLUTION

Untuk mengatasi permasalahan keselamatan di lokasi konstruksi, kami mengusulkan sebuah sistem pemantauan cerdas bernama “CogniSafe”. CogniSafe merupakan sistem IoT terintegrasi yang dirancang khusus untuk lingkungan konstruksi, memungkinkan pemantauan kondisi lokasi dan aktivitas pekerja secara real-time.

CogniSafe menggunakan perangkat wearable berbasis IoT yang dikenakan oleh setiap pekerja di lokasi konstruksi. Perangkat ini dilengkapi sensor untuk

mendeteksi kadar gas dan jatuhnya pekerja. Data sensor dikirimkan melalui koneksi nirkabel ke server lokal untuk diproses lebih lanjut.

Informasi dari server lokal kemudian ditampilkan pada dashboard web yang dapat diakses pengawas lokasi secara real-time. Dashboard menyajikan data peringatan bahaya potensial seperti kebocoran gas atau deteksi jatuhnya pekerja. Pengawas lokasi konstruksi dapat segera bertindak dan memberi instruksi evakuasi atau pertolongan pertama pada kejadian darurat.

Sistem CogniSafe juga mencatat riwayat dan pola aktivitas lokasi konstruksi untuk memudahkan identifikasi area rawan bahaya. Data ini dianalisis untuk evaluasi dan perbaikan prosedur keselamatan konstruksi. Dengan demikian, CogniSafe dapat meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi bahaya serta mencegah terjadinya kecelakaan di lokasi konstruksi.

1.3 ACCEPTANCE CRITERIA

Berikut merupakan kriteria penerimaan sistem CogniSafe yang harus dipenuhi agar dapat dinyatakan berhasil dan diterima oleh pengguna:

- Sistem dapat mendeteksi jatuhnya pekerja konstruksi menggunakan sensor gyroscope dan accelerometer.
- Sistem dapat mendeteksi kebocoran gas di lingkungan konstruksi menggunakan sensor gas MQ2.
- Sistem ini dapat menampilkan data monitoring real-time pada dashboard web, termasuk *fall detection* dan *gas detection*.
- Sistem dapat mengirimkan peringatan secara real-time ke manager keselamatan dan koordinator lapangan jika terdeteksi adanya anomali, jatuh, atau kebocoran gas.
- Sistem dapat diakses dan dioperasikan dengan mudah oleh pengguna.
- Sistem dapat diskalakan dengan menambahkan perangkat monitoring tambahan tanpa berpengaruh signifikan pada kinerja.
- Sistem memiliki mekanisme otentikasi dan otorisasi untuk mencegah akses yang tidak sah.
- Dokumentasi pengguna sistem lengkap, akurat, dan mudah dipahami oleh pengguna.

- Sistem diuji secara komprehensif baik fungsionalitas maupun non-fungsionalitasnya.

Penerimaan pengguna secara keseluruhan minimal 90% berdasarkan survei dan uji coba. Dengan memenuhi kriteria di atas, maka sistem CogniSafe siap untuk diimplementasikan.

1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES

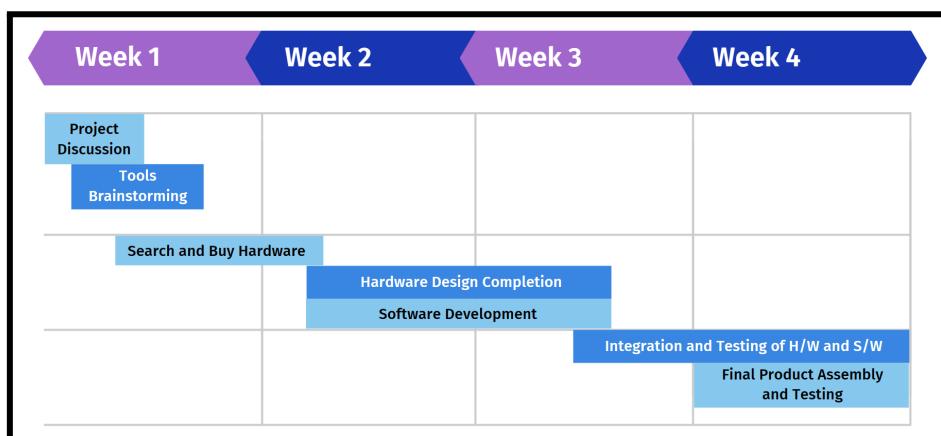
The roles and responsibilities assigned to the group members are as follows:

Roles	Responsibilities	Person
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Product Design</i> • <i>Model Creation</i> • <i>Report Development</i> • <i>Circuit Design</i> • <i>Testing</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Konseptualisasi dan desain prototipe produk • Membuat model 3D dan desain produk akhir • Membuat progress dalam laporan dan mengumpulkan hasil riset • Merancang sirkuit dan koneksi elektronik • Melakukan uji integrasi pengembangan hardware dan software 	Rafi' Noval Hady dan Fatima Khairunnisa
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sensor Testing</i> • <i>MQTT Network Configuration</i> • <i>Programming</i> • <i>Integration</i> • <i>Troubleshooting</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Menguji dan memvalidasi fungsionalitas sensor • Menyiapkan dan mengkonfigurasikan jaringan MQTT 	Arka Brian Dewara dan Muhammad Salman Sadad

	<p>untuk komunikasi antar perangkat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengembangkan kode aplikasi inti dan logika program • Mengintegrasikan komponen hardware dan software • Mendiagnosa dan men-debug masalah teknis 	
--	--	--

Tabel 1. *Roles and Responsibilities*

1.5 TIMELINE AND MILESTONES



Gambar 1. *Timeline* Pembuatan Project

Tepatnya, kami melakukan proyek akhir ini mulai dari *brainstorming* hingga *finishing* dari tanggal 19 November 2023 hingga 10 Desember 2023

CHAPTER 2

IMPLEMENTATION

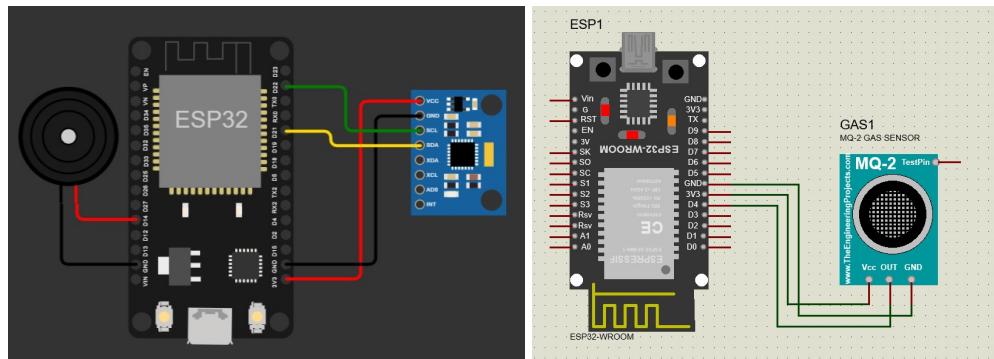
2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC

Hardware CogniSafe dirancang untuk memenuhi fungsi sensor monitoring dan komunikasi data melalui koneksi nirkabel. Perangkat ini terdiri dari board rangkaian

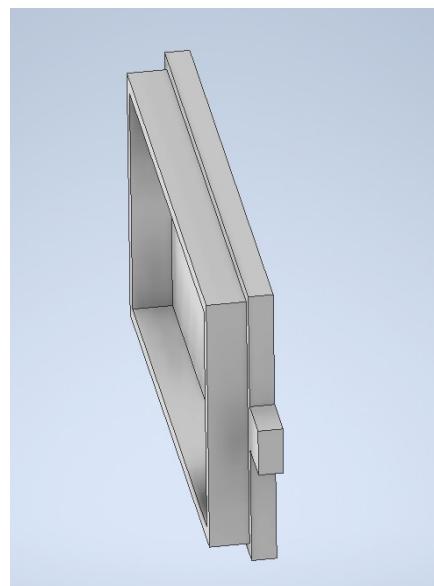
ESP32 sebagai mikrokontroler utama, dilengkapi beberapa jenis sensor dan modul komunikasi sebagai berikut:

1. Sensor gas MQ2 Berfungsi untuk mendeteksi kadar gas berbahaya di udara, terutama gas LPG, propana, dan hidrogen. Sensor ini terhubung ke pin GPIO ESP32.
2. Sensor IMU MPU6050 Merupakan sensor gerak dan orientasi yang terdiri dari akselerometer dan giroskop. Mampu mendeteksi percepatan, getaran, dan rotasi pada 3 sumbu. Digunakan untuk monitoring gerakan dan deteksi jatuh. Terhubung ke pin GPIO ESP32 melalui antarmuka I2C.
3. Modul WiFi ESP32 Untuk konektivitas nirkabel dan komunikasi data menggunakan protokol MQTT menuju server lokal. Karena ukuran data sensor yang kecil, komunikasi menggunakan MQTT dirasa lebih efisien dibandingkan Bluetooth.

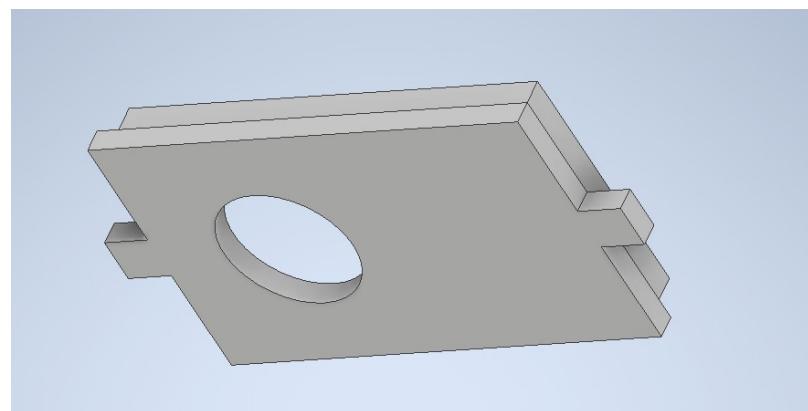
Berikut ini adalah skematik rangkaian perangkat keras CogniSafe yang dirancang pada software Autodesk Inventor:



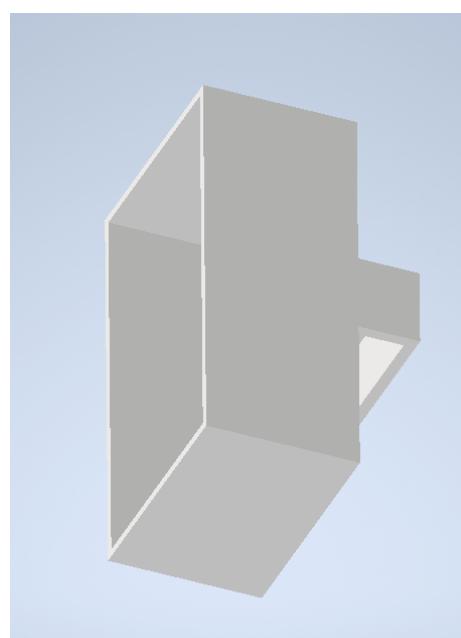
Gambar 2. Skematik Rangkaian pada Wokwi dan Proteus



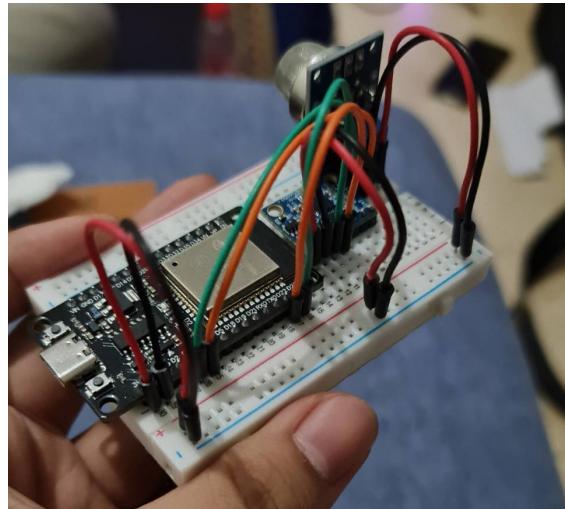
Gambar 3.



Gambar 4.



Gambar 5.



Gambar 6. Rangkaian

Dengan rencana kasar perancangan seperti di atas, perangkat CogniSafe diharapkan dapat bekerja dengan baik untuk memonitoring lokasi konstruksi serta mengirimkan data sensor melalui koneksi nirkabel secara real-time. Produk akhir dari CogniSafe sedang dilakukan *soldering* pada protoboard.

2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT

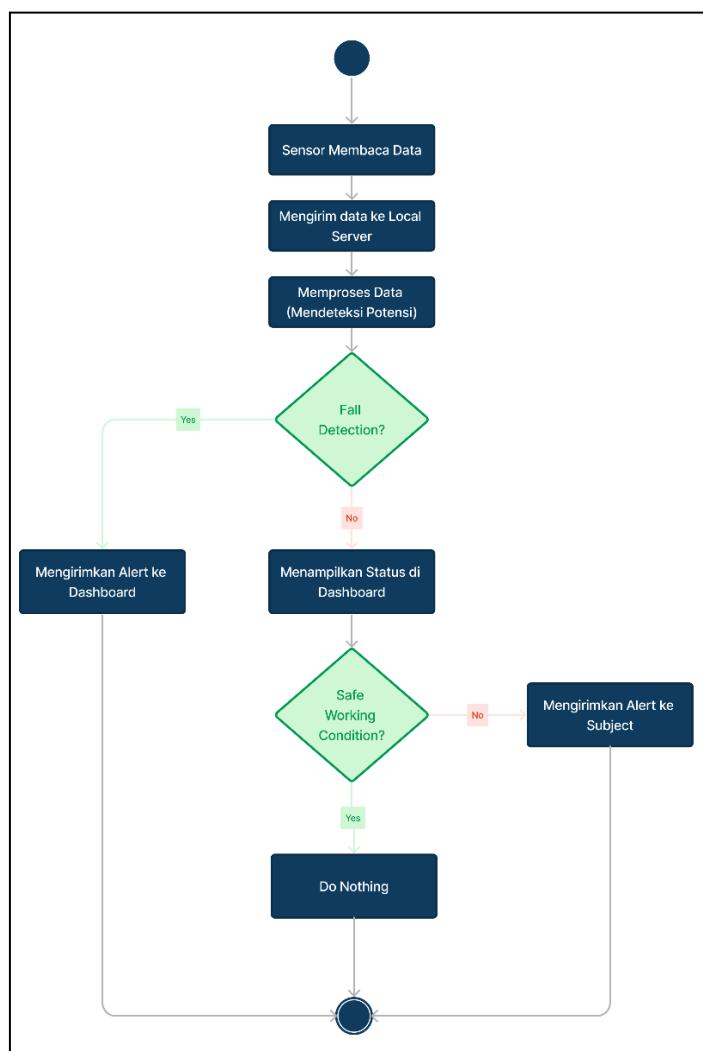
Pengembangan software CogniSafe memanfaatkan sejumlah tool dan platform open-source tanpa biaya, meliputi:

1. Visual Studio Code IDE merupakan tools pengembangan yang digunakan untuk menulis kode program CogniSafe. Dipilih karena gratis dan memiliki fitur lengkap untuk kebutuhan pengembangan.
2. Setup Protokol MQTT dilakukan untuk mengkonfigurasi protokol MQTT yang berfungsi sebagai standar komunikasi data antara perangkat IoT (ESP32) dengan server lokal dan memastikan koneksi dan transfer data berjalan baik.
3. Integrasi ESP32 untuk menambahkan dukungan terhadap chip mikrokontroler ESP32 pada firmware dan software CogniSafe agar dapat berinteraksi dengan sensor serta mengirim data ke server.
4. Pengembangan Front-end yang membangun interface dashboard menggunakan ReactJS untuk pengalaman visualisasi data yang interaktif dan real-time. Disini, ReactJS memberikan performa rendering tinggi yang

dibutuhkan. Komunikasi data sensor menggunakan protokol MQTT melalui library mqtt.js.

5. Pengembangan Back-end mengimplementasikan server back-end dengan NodeJS untuk menerima data dari ESP32 melalui MQTT serta menyimpannya ke basis data PostgreSQL.
 6. Pengelolaan Basis Data dengan PostgreSQL untuk penyimpanan data sensor serta penyajian ke dashboard saat diminta.

Dengan memanfaatkan tool dan platform open-source yang tepat guna, pengembangan software CogniSafe menjadi lebih fokus ke fitur inti sistem serta hemat biaya. Agar dapat mengilustrasikan dengan jelas bagaimana alur serta interaksi antara komponen-komponen utama dalam program, kami juga menyusun *flowchart*, yaitu:



Gambar 7. *Flowchart* CogniSafe

2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION

Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak memainkan peranan penting dalam memastikan sistem CogniSafe dapat berfungsi dengan baik. Komponen perangkat keras seperti ESP32 node, MPU6050, dan sensor gas MQ2 perlu berkomunikasi dengan perangkat lunak untuk mengirimkan data secara real-time.

ESP32 bertindak sebagai *mastermind* dari perangkat IoT CogniSafe. Node ESP32 mengintegrasikan mikrokontroler 32-bit yang powerful serta dapat terhubung ke WiFi dan Bluetooth. ESP32 node juga dilengkapi GPIO (General Purpose Input Output) yang memungkinkannya terhubung ke berbagai sensor dan aktuator. ESP32 mengolah data dari berbagai sensor, lalu mengirimkannya melalui jaringan WiFi menggunakan protokol MQTT menuju sistem backend. Firmware yang ada pada ESP32 ditulis menggunakan platform Arduino.

MPU6050 merupakan modul sensor Inertial Measurement Unit (IMU) yang menggabungkan akselerometer dan giroskop. Sensor ini mampu mendeteksi dan mengukur gerakan, orientasi, dan percepatan perangkat. MPU6050 terhubung ke ESP32 node melalui interface I2C. Sensor ini menyediakan data mentah berupa besaran sudut dan percepatan yang selanjutnya diproses oleh ESP32.

Sensor gas MQ2 digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas yang berpotensi berbahaya. Sensor MQ2 bereaksi terhadap gas seperti LPG, propana, metana, alcohol, hydrogen, dan asap. Sensor ini menghasilkan nilai analog tegangan sesuai dengan konsentrasi gas yang terdeteksi. Tegangan analog ini dibaca oleh pin analog pada ESP32 node.

Sistem backend dikembangkan dengan NodeJS, menerima data dari ESP32 melalui protokol MQTT. Lalu data masuk ke basis data PostgreSQL dan juga interface web ReactJS melalui REST API yang sudah didefinisikan. Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) digunakan sebagai jembatan komunikasi data antara perangkat IoT dengan server. ESP32 node mengirimkan paket data yang berisi informasi sensor melalui protokol MQTT ke broker MQTT. Kemudian informasi sensor ini diteruskan broker MQTT ke server untuk diproses lebih lanjut.

Aplikasi Blynk digunakan pada sisi pengguna untuk memvisualisasikan data sensor serta menerima notifikasi peringatan bahaya. ESP32 node berkomunikasi

dengan aplikasi Blynk melalui server Blynk menggunakan protokol MQTT. Dengan demikian, pengguna dapat memantau lokasi konstruksi secara real-time melalui smartphone.

Dengan integrasi sensor, ESP32 node, protokol MQTT, server, dan aplikasi Blynk, data dapat mengalir dan diproses secara automated dari perangkat IoT hingga ke pengguna akhir. Kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak inilah yang menjadi inti dari sistem pemantauan keselamatan CogniSafe.

CHAPTER 3

TESTING AND EVALUATION

3.1 TESTING

Selanjutnya, ketika sudah melakukan integrasi antara hardware-software, tahap selanjutnya dalam pengembangan sistem CogniSafe adalah melakukan testing atau pengujian. Testing sangat penting untuk memvalidasi bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan requirement atau kebutuhan yang telah didefinisikan sebelumnya.

Dalam tahap ini, kami melakukan pengujian dengan membuat test case atau skenario uji untuk berbagai fungsi dan fitur yang disediakan CogniSafe, seperti deteksi jatuh dan gas. Penekanan utama testing adalah memastikan bahwa CogniSafe telah mencapai tingkat akurasi, performa, dan kehandalan yang tinggi dalam implementasi sistem pemantauan keselamatan konstruksi berbasis IoT ini.

Pengujian untuk fitur deteksi jatuh dilakukan dengan metode black box testing dimana kami melakukan simulasi skenario jatuh pada subjek uji yang mengenakan perangkat CogniSafe. Variasi posisi dan percepatan saat jatuh akan disimulasikan untuk memastikan akurasi dan sensitivitas sensor gyroscope dan accelerometer dalam mendeteksi peristiwa jatuh. Hasil deteksi oleh sistem akan divalidasi terhadap skenario sebanding untuk mengukur tingkat precision dan recall.

Pengujian fitur deteksi gas menggunakan testing kadar gas yang dibuat dari sumber api pada ruang uji. Sensor MQ2 pada perangkat CogniSafe akan dimonitor responsivitas dan akurasinya dalam mendeteksi lonjakan kadar gas berbahaya. Batas

ambang peringatan dini dan notifikasi alarm juga akan diuji coba pada berbagai ambang kadar gas untuk memastikan kesesuaian dengan standar keselamatan dan mitigasi yang diperlukan.



Gambar 8. Testing Gas Detection

3.2 RESULT

Berdasarkan hasil testing yang sudah dilakukan, hasil yang didapat sebagai berikut;

a. Fall Detection

```
Gas: Not Detected
Acceleration (mg):
X: 3085.71
Y: 3343.57
Z: -3325.71
25848.18
Fall: Not Detected
Gas: Not Detected
Acceleration (mg):
X: -3343.67
Y: -3343.67
Z: 3343.57
1142522.00
Fall: Detected
Gas: Not Detected
Acceleration (mg):
X: 1210.61
Y: 1621.22
Z: -3343.67
949268.00
Fall: Detected
```

Pengujian fungsionalitas deteksi jatuh oleh sensor MPU6050 telah dilaksanakan dengan sukses. Nilai percepatan sumbu X, Y, dan Z terbaca oleh sensor saat melakukan stimulasi gerakan jatuh pada perangkat. Threshold nilai

total percepatan untuk menandai peristiwa jatuh ditetapkan sebesar 100.000 mg.

Berdasarkan serial monitor, saat nilai total percepatan normal sebesar 25.848 mg, output "Fall: Not Detected" ditampilkan menandakan tidak ada jatuh. Namun, saat nilai total percepatan melewati ambang batas lebih dari 100.000 mg akibat gerakan jatuh yang disimulasikan, output berubah menjadi "Fall: Detected" yang mengindikasikan deteksi jatuh berhasil.

Dengan demikian, sensor mampu membedakan antara aktivitas normal dan jatuh abnormal pekerja berdasarkan nilai percepattannya. Fitur deteksi jatuh pada sistem CogniSafe berhasil diimplementasikan untuk memicu peringatan dini agar penanganan cepat dapat dilakukan guna meminimalisir cedera serius akibat jatuh.

b. Gas Detection

```
The gas is NOT present because 1531
The gas is NOT present because 1535
The gas is present
MQ2 sensor AO value: 1551
The gas is NOT present because 1550
The gas is present
MQ2 sensor AO value: 1552
The gas is present
MQ2 sensor AO value: 1555
```

Pengujian fungsionalitas deteksi gas oleh sensor MQ2 juga telah dilakukan dengan sukses. Serial monitor Arduino IDE memperlihatkan nilai analog yang dibaca sensor saat terdeteksi adanya lonjakan kadar gas mudah terbakar. Ambang batas kadar gas untuk memicu peringatan ditetapkan di nilai analog 1550, dimana nilai di atasnya mengindikasikan keberadaan gas.

Sebagaimana terlihat pada serial monitor, nilai pembacaan sensor MQ2 berkisar 1550 hingga 1555 saat terdeteksi adanya kebocoran gas, cukup signifikan melewati ambang batas yang ditetapkan. Hal ini memicu peringatan "The gas is present" pada serial monitor yang menunjukkan deteksi gas berhasil.

Selanjutnya, hasil positif deteksi gas ini juga ditampilkan pada interface pengguna dashboard CogniSafe. Pengguna akan mendapatkan pemberitahuan visual berupa peringatan dini jika terjadi lonjakan kadar gas melebihi ambang batas. Dengan demikian, fungsionalitas sistem dalam mendeteksi dan memberi peringatan kebocoran gas telah berhasil diimplementasikan dengan akurat. Eksekusi respons cepat saat terdeteksi kebocoran gas penting untuk mencegah kecelakaan lebih lanjut.

3.3 EVALUATION

Secara keseluruhan, performa sistem CogniSafe dalam implementasi pemantauan keselamatan konstruksi berbasis IoT ini dapat dikatakan sangat baik dan sesuai dengan kriteria yang ditetapkan sebelumnya.

Walaupun perangkat ini mungkin tidak seringan *wearable* komersial, namun dalam konteks pemantauan keselamatan konstruksi, fitur inovatif CogniSafe dapat menjadi nilai tambah. Hal ini terbukti dari hasil pengujian yang dilakukan saat simulasi.

Dari sisi akurasi sensor, baik sensor IMU maupun gas MQ2 menunjukkan tingkat presisi dan akurasi data yang tinggi berdasarkan pengujian yang dilakukan. Kedua sensor mampu dengan handal membedakan kondisi normal dan abnormal.

Sementara dari sisi fungsionalitas dan integrasi sistem, seluruh komponen perangkat keras IoT, jaringan, hingga interface web terbukti bekerja. Node sensor mampu terhubung dengan stabil ke jaringan WiFi melalui ESP32, dan berhasil mengirimkan data sensor ke server melalui protokol MQTT. Respons dashboard web juga sangat baik dalam memvisualisasikan data sensor secara real-time saat dilakukan simulasi insiden bahaya.

Dengan performa pada berbagai aspek penting ini, maka dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan keselamatan cerdas CogniSafe layak untuk diterapkan dalam menjawab tantangan pencegahan kecelakaan konstruksi di lapangan. CogniSafe terbukti menjadi solusi modern berbasis IoT yang reliable dan tepat guna untuk revolusi keselamatan di industri konstruksi ke depannya.

CHAPTER 4

CONCLUSION

CogniSafe merupakan sebuah sistem cerdas berbasis IoT yang dikembangkan untuk merevolusi protokol keselamatan di lingkungan konstruksi. Dengan mengintegrasikan sensor wearable dan kemampuan analisis kognitif, CogniSafe mampu memantau aktivitas pekerja dan teknisi secara real-time.

Sistem ini dirancang untuk mendeteksi potensi bahaya seperti kebocoran gas dan jatuhnya pekerja, dan segera mengirimkan peringatan untuk memastikan respon yang cepat dalam mengatasi insiden. CogniSafe juga dilengkapi *interface* berbasis web yang memungkinkan pekerja memantau keseluruhan kondisi lokasi konstruksi dari satu tempat.

Pengembangan CogniSafe melibatkan integrasi hardware seperti node ESP32, sensor MPU6050 dan MQ2, dengan middleware MQTT serta backend yang dibangun menggunakan NodeJS. Interface web menggunakan ReactJS untuk memvisualisasikan data secara real-time. Integrasi yang erat antara berbagai elemen software dan hardware inilah yang menjadi kunci sukses CogniSafe sebagai sistem pemantauan lokasi konstruksi cerdas berbasis IoT.

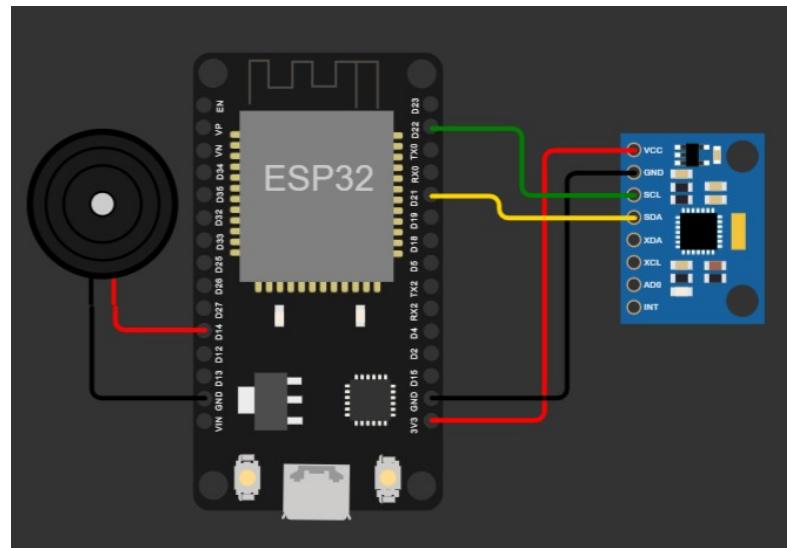
Dengan kemampuannya dalam memastikan keselamatan pekerja dan melakukan mitigasi insiden, CogniSafe telah berhasil meningkatkan standar keselamatan konstruksi. Sistem cerdas berbasis IoT ini telah menjadi solusi modern untuk menjawab tantangan keselamatan di lingkungan konstruksi dan pengembangan teknologi. Kesuksesan pengembangan dan penerapan CogniSafe menjadi bukti nyata kontribusi teknologi IoT dan kecerdasan buatan dalam menjaga keselamatan dan kesehatan pekerja di berbagai bidang.

REFERENCES

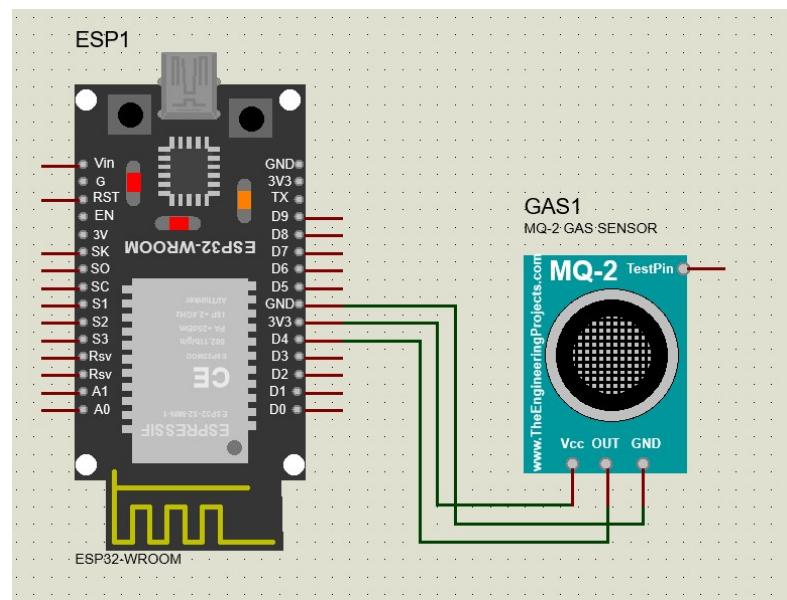
- [1] P. Battistoni, M. Sebillo, and G. Vitiello, “An IoT-Based Mobile System for Safety Monitoring of Lone Workers,” *Iot*, vol. 2, no. 3, pp. 476–497, Aug. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/iot2030024>. Available: <https://www.mdpi.com/2624-831X/2/3/24>. [Accessed: Dec. 09, 2023]
- [2] H. Lingard, “Occupational health and safety in the construction industry,” *ResearchGate*, Jun. 2013. Available: https://www.researchgate.net/publication/263552916_Occupational_health_and_safety_in_the_construction_industry. [Accessed: Dec. 09, 2023]
- [3] M. Khaled, “A Mobile IoT-based Elderly Monitoring System for Senior Safety,” *IJTtech - International Journal of Technology*, 2023. Available: [https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/6634#:~:text=An%20IoT%2Dbased%20monitoring%20system,et%20al.%2C%202018\)..](https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/6634#:~:text=An%20IoT%2Dbased%20monitoring%20system,et%20al.%2C%202018)..) [Accessed: Dec. 09, 2023]
- [4] J.-L. Lee, Y.-Y. Tyan, M. Wen, and Y.-W. Wu, “Development of an IoT-based bridge safety monitoring system,” May 2017, doi: <https://doi.org/10.1109/icasi.2017.7988352>. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7988352>. [Accessed: Dec. 09, 2023]
- [5] “Guardforce | Smart Safety Monitoring System | IoT & AI Solution | Secure Monitoring - Guardforce,” *Guardforce.com.hk*, 2023. Available: <https://www.guardforce.com.hk/en/secure-monitoring/smart-worksites-monitoring>. [Accessed: Dec. 09, 2023]

APPENDICES

Appendix A: Project Schematic



Gambar 9. Rangkaian Skematik pada Wokwi



Gambar 10. Rangkaian Skematik pada Proteus

Appendix B: Documentation

Put the documentation (photos) during the making of the project