

KARYA ILMIAH TERAPAN

**PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI POLUSI
UDARA DI DALAM KAMAR MESIN SECARA
WIRELESS MENGGUNAKAN SENSOR MQ135 DAN
TGS2106 BERBASIS LORA RA-02**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan dan Pelatihan Pelaut
Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN
07 19 019 1 03

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN
KAPAL**

**PROGRAM DIPLOMA IV
POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2024**

KARYA ILMIAH TERAPAN

**PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI POLUSI
UDARA DI DALAM KAMAR MESIN SECARA
WIRELESS MENGGUNAKAN SENSOR MQ135 DAN
TGS2106 BERBASIS LORA RA-02**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan dan Pelatihan Pelaut
Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN
07 19 019 1 03

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN
KAPAL**

**PROGRAM DIPLOMA IV
POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN
Nomer Induk Taruna : 07 19 019 1 03
Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa karya ilmiah terapan yang saya tulis dengan judul:

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI POLUSI UDARA DI DALAM KAMAR MESIN SECARA *WIRELESS* MENGGUNAKAN SENSOR MQ135 DAN TGS2106 BERBASIS LORA RA-02

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

SURABAYA, 14 MARET 2024

RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN

PERSETUJUAN SEMINAR HASIL

KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI POLUSI
UDARA DI DALAM KAMAR MESIN SECARA
WIRELESS MENGGUNAKAN SENSOR MQ135 DAN
TGS2106 BERBASIS LORA
Nama Taruna : RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN
NIT : 07.19.019.1.03
Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

Surabaya, 14 Maret2024

Menyetujui,

Pembimbing I



Edi Kurniawan, S.ST., MT.

Penata (III/c)

NIP 198312022019021001

Pembimbing II



Diana Alia, S.T, M.Eng

Penata (III/c)

NIP. 199106062019022003

Mengetahui
Ketua Program Studi TRKK



AHMAD KASAN GUFRON, M.Pd

Penata Tk. I (III/d)

NIP.198005172005021003

PENGESAHAN SEMINAR HASIL

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI POLUSI UDARA DI DALAM
KAMAR MESIN SECARA *WIRELESS* MENGGUNAKAN SENSOR
MQ135 DAN TGS2106 BERBASIS LORA RA-02

Disusun dan Diajukan Oleh :

RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN

NIT. 07.19.019.1.03

D-IV TRKK

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Karya Ilmiah Terapan

Pada Tanggal2024

Menyetujui :

Penguji I



Henna Nurdiansari, ST, MT., M.Sc.
Penata Tk.I (III/d)
NIP.198512112009122003

Penguji II



Akhmad Kasan Gupron, M.Pd
Penata Tk.I (III/d)
NIP.198005172005021003

Penguji III



Edi Kurniawan, SST, MT
Penata (III/c)
NIP.198312022019021001

Mengetahui :

Ketua Program Studi TRKK
Politeknik Pelayaran Surabaya



Akhmad Kasan Gupron, M.Pd
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 198005172005021003

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan kuasanya yang telah Tuhan berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini. Adapun karya ilmiah ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya dengan mengambil judul perancangan sistem pendeteksi polusi udara di dalam kamar mesin secara *wireless* menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LORA RA-02

Penulis sangat menyadari bahwa didalam karya ilmiah terapan ini masih banyak terdapat kekurangan baik dalam hal penyajian materi maupun teknik penulisannya, oleh karena itu penulis mengharapkan koreksi dan saran yang nanti dapat digunakan untuk menyempurnakan proposal karya ilmiah terapan ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku direktur Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Akhmad Kasan Gupron, M.Pd selaku Ketua Jurusan Elektro.
3. Bapak Edi Kurniawan, S.ST.,M.T dan Ibu Diana Alia, S.T, M.Eng selaku dosen pembimbing.
4. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan semangat dan doa.

Akhir kata penulis berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya.

Surabaya, 14 Maret 2024

RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN

ABSTRAK

RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN, Perancangan Sistem Pendeteksi Polusi Udara di Dalam Kamar Mesin Secara Wireless Menggunakan Sensor MQ135 dan TGS2106 Berbasis LoRa Ra-02, Dibimbing oleh Bapak Edi Kurniawan, S.ST., M.T dan Ibu Diana Alia, S.T, M.Eng,

Polusi udara menjadi masalah yang perlu diperhatikan karena dapat mengancam kehidupan manusia. Banyak aktifitas manusia yang menyebabkan terjadinya polusi udara. Terutama diruangan tertutup seperti di kamar mesin kapal. Oleh sebab itu, diperlukan alat pendeteksi polusi udara untuk mengetahui indeks polusi udara di tempat tersebut dalam rangka mempertahankan kadar polusi di bawah nilai ambang batasnya. Maka dari itu diperlukan adanya alat untuk pendeteksi polusi udara menggunakan sensor gas MQ-135 untuk mendeteksi gas karbon dioksida (CO₂) dan TGS2106 untuk mendeteksi gas nitrogen dioksida (NO₂). Jenis metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian *eksperiment*.

Setelah melakukan perancangan alat, pengujian alat, sistem pendeteksi polusi udara di dalam kamar mesin secara *wireless* menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LoRa Ra-02 memiliki tingkat rata-rata *error* 1,3% untuk pembacaan sensor MQ135 sedangkan untuk pembacaan sensor TGS2106 memiliki tingkat rata-rata *error* sebesar 6%. Maka dari itu sistem Pendeteksi Polusi Udara di Dalam Kamar Mesin Secara Wireless Menggunakan Sensor MQ135 dan TGS2106 Berbasis LoRa Ra-02 dapat bekerja dengan baik.

Kata Kunci : Sensor gas MQ135, Sensor gas TGS2106, LoRa Ra-02 Ra- 02

ABSTRACT

RIZAL TABRIEZ TSAQIEFUDIN, Design of a Wireless Air Pollution Detection System in Engine Rooms Using MQ135 and TGS2106 Sensors Based on LoRa Ra-02, Supervised by Mr. Edi Kurniawan, S.ST., M.T and Ms. Diana Alia, S.T, M.Eng,

Air pollution is a problem that needs attention because it can threaten human life. Many human activities cause air pollution. Especially in closed rooms such as ship engine rooms. Therefore, an air pollution detection tool is needed to determine the air pollution index in that place in order to maintain pollution levels below the threshold value. Therefore, it is necessary to have a tool to detect air pollution using the MQ-135 gas sensor to detect carbon dioxide (CO₂) gas and TGS2106 to detect nitrogen dioxide (NO₂) gas. The type of research method used is the experimental research method.

After designing the tool, testing the tool, the air pollution detection system in the engine room wirelessly using the MQ135 and TGS2106 sensors based on LoRa Ra-02 had an average error rate of 1.3% for the MQ135 sensor reading while the TGS2106 sensor reading had an average level. -average error of 6%. Therefore, the Air Pollution Detection System in the Engine Room Wirelessly Using the MQ135 and TGS2106 Sensors Based on LoRa Ra-02 can work well.

Keywords: MQ135 gas sensor, TGS2106 gas sensor, LoRa Ra-02 Ra-02

DAFTAR ISI

COVER	i
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Tinjauan Pustaka	5
B. Landasan Teori	6
1. Kamar Mesin Kapal	6
2. Karbon Dioksida (CO ₂)	7
3. Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	8
4. <i>Long Range</i> (LoRa Ra-02)	8
5. ESP32	9
6. Arduino UNO	10
7. Sensor TGS2106	11
8. Sensor MQ-135	13
9. <i>Liquid Cristal Display</i> (LCD)	14
10. <i>Buzzer</i>	15
11. Antena LoRa Ra-02 Model: An868-915a	15
BAB III METODE PENELITIAN	17

<u>A. Perancangan Sistem</u>	17
B. Perencanaan Alat	22
C. Rencana Pengujian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Hasil Pengujian.....	27
1. Pengujian Statis.....	27
2. Perakitan Komponen.....	37
3. Pengujian Dinamis	38
B. Pembahasan	45
BAB V PENUTUP	50
A. Simpulan	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kamar Mesin Kapal	7
Gambar 2. 2 LoRa Ra-02 Modul <i>Type</i> Ra-02	9
Gambar 2. 3 Mikrokontroler ESP32	10
Gambar 2. 4 Mikrokontroler Arduino Uno	11
Gambar 2. 5 Sensor TGS2106	12
Gambar 2. 6 Sensor MQ135.....	13
Gambar 2. 7 LCD.....	14
Gambar 2. 8 <i>Buzzer</i>	15
Gambar 2. 9 Antena LoRa Ra-02 model AN868-915A.....	16
Gambar 3. 1 Blok Diagram	17
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Sistem <i>Transmitter</i> Data.....	20
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Sistem <i>Receiver</i> Data.....	21
Gambar 3. 4 Rancangan Alat sebagai <i>Transmitter</i> Data.....	22
Gambar 3. 5 Rancangan Alat sebagai <i>Receiver</i> Data.....	23
Gambar 3. 6 Desain <i>Prototype</i> Pendeteksi Polusi Udara.....	26
Gambar 4. 1 Pengujian Arduino Uno.....	27
Gambar 4. 2 (a) Pengujian Sensor MQ135 dan (b) Serial Monitor Sensor MQ135	28
Gambar 4. 3 Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Polusi Udara dengan Alat Ukur.	29
Gambar 4. 4 (a) Pengujian Sensor TGS2106 dan (b) Serial Monitor Sensor TGS2106	31
Gambar 4. 5 Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Polusi Udara dengan Alat Ukur.	32
Gambar 4. 6 Pengujian LCD.....	34
Gambar 4. 7 Pengujian <i>Buzzer</i>	34
Gambar 4. 8 Pengujian (a) Komponen Modul LoRa Ra-02 <i>Transmitter</i> , (b) Serial Monitor <i>Transmitter</i> , (c) Komponen LoRa Ra-02 <i>Receiver</i>	35
Gambar 4. 9 Pengujian ESP32	36
Gambar 4. 10 Pengujian BLYNK	37

Gambar 4. 11 Keseluruhan Komponen (a) LoRa Ra-02 <i>Transmitter</i> dan (b) LoRa Ra-02 <i>Receiver</i>	38
Gambar 4. 12 Penunjukkan Jarak Pada Google Maps	42
Gambar 4. 13 Tampilan Serial Monitor <i>Transmitter</i>	42
Gambar 4. 14 Tampilan Monitor LCD sebagai <i>Receiver</i>	43
Gambar 4. 15 Grafik Nilai Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Udara dengan Alat Ukur CO ₂	46
Gambar 4. 16 Grafik Nilai Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Udara dengan Alat Ukur NO ₂	46
Gambar 4. 17 Grafik Nilai Pengujian Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kapal.....	47
Gambar 4. 18 Grafik Nilai Pengujian Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kapal.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	5
Tabel 2. 2 Spesifikasi LoRa Ra-02 Modul <i>Type</i> Ra-02	9
Tabel 2. 3 Spesifikasi ESP32	10
Tabel 2. 4 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Uno	11
Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor TGS2106.....	12
Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor MQ135.....	13
Tabel 2. 7 Spesifikasi LCD 16x2	14
Tabel 2. 8 Spesifikasi <i>Buzzer</i>	15
Tabel 2. 9 Spesifikasi Antena LoRa Ra-02 Model: An868-915a	16
Tabel 3. 1 Pin Perancangan Alat <i>Transmitter</i>	23
Tabel 3. 2 Pin Perancangan Alat <i>Receiver</i>	23
Tabel 4. 1 Hasil Data Real Pengujian dan Presisi Alat Pendeteksi Udara.....	29
Tabel 4. 2 Hasil Data Real Pengujian dan Presisi Alat Pendeteksi Polusi Udara. 32	
Tabel 4. 3 Pengujian Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kamar Mesin Kapal	39
Tabel 4. 4 Tabel Pengujian Fungsi Alat Pendeteksi Polusi Udara.....	40
Tabel 4. 5 Hasil Data Pengujian Jarak LoRa Ra-02 <i>Line Of Sight</i>	43
Tabel 4. 6 Hasil Data Pengujian Jarak LoRa Ra-02 dengan <i>Non Line Of Sight</i> ...	44

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada masa ini tingkat polusi udara semakin menunjukkan kondisi yang sangat memprihatinkan. Polusi udara merupakan masalah lingkungan global yang terjadi di seluruh dunia yang berdampak pada perubahan kualitas udara dan kesehatan manusia. Sumber pencemaran udara disebabkan oleh bertambahnya aktivitas manusia yang menghasilkan polutan, terjadinya peningkatan kepemilikan mesin berbahan bakar fosil selalu disertai dengan meningkatnya jumlah emisi gas buang seperti gas Karbon Dioksida (CO₂), Nitrogen Oksida (NO₂), dan jenis emisi gas buang lainnya sehingga tingkat polusi udara semakin tinggi (Anisa Pratiwi dan Zaenab, 2020).

Kualitas udara dalam ruang yang baik didefinisikan sebagai udara yang bebas bahan pencemar penyebab iritasi, ketidaknyamanan atau terganggunya kesehatan penghuni. Sumber penyebab polusi udara dalam ruangan yaitu kondisi ruangan itu sendiri, seperti perlengkapan dalam bangunan, suhu, kelembaban, dan hal-hal yang berhubungan dengan perilaku orang-orang yang berada di dalam ruangan (Dewi W.C, 2021).

Termasuk di dalam kamar mesin suatu kapal, pemantauan kondisi udara di kamar mesin kapal sangat perlu diperhatikan karena sangat penting bagi kesehatan para pekerja di kapal. Pemantauan polusi udara harus perlu diperhatikan karena di dalam kamar mesin kapal merupakan tempat tertutup dan sirkulasi udaranya sangat rendah serta dapat membahayakan kesehatan para *crew* kapal khususnya di kamar

mesin. Saat ini, sistem pemantauan polusi udara masih sangat terbatas jika melihat dampaknya yang berbahaya bagi kesehatan. Sehingga alat monitoring polusi udara di kamar mesin sangat diperlukan bagi para *crew* kapal dan dapat digunakan oleh *crew* kapal untuk monitoring kualitas udara di kamar mesin.

Berdasarkan hal tersebut maka dibuatlah alat pendeteksi dengan judul “Perancangan Sistem Pendeteksi Polusi Udara di Dalam Kamar Mesin Menggunakan Sensor MQ135 dan TGS2106 Berbasis LoRa Ra-02”. Sistem dapat mendeteksi nilai gas karbon dioksida (CO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) di dalam ruangan dan menunjukkan indikasi dari polusi udara menggunakan sensor kualitas kondisi udara. Sensor tersebut akan terhubung dengan LoRa Ra-02 *transmitter* yang akan mengirimkan informasi ke LoRa Ra-02 *receiving*. Dengan menggunakan perangkat monitor, diharapkan pengguna dapat memantau polusi udara yang terjadi.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam perancangan sistem pendeteksi polusi udara di dalam kamar mesin secara *wireless* menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LoRa Ra-02 adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem pendeteksi polusi udara di dalam kamar mesin menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106?
2. Bagaimana mengaplikasikan sistem untuk pendeteksi polusi udara melalui LoRa Ra-02?

C. Batasan Masalah

Penelitian yang berhubungan dengan masalah ini bisa menjadi luas, maka dari itu peneliti membuat batasan masalah dalam penelitian ini agar didapatkan hasil lebih terarah dan spesifik. Batasan masalah ini menekankan pada:

1. Menggunakan Arduino uno sebagai pengelola data.
2. Menggunakan sensor MQ135 sebagai pendeteksi gas karbon dioksida (CO₂).
3. Menggunakan sensor TGS2106 sebagai pendeteksi gas nitrogen dioksida (NO₂).
4. Menggunakan modul WiFi ESP32 sebagai pengirim informasi.
5. Pengujian ini hanya berfokus pada deteksi polusi udara di dalam kamar mesin.
6. Menggunakan LoRa Ra-02 untuk monitoring jarak jauh.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan yang ingin dicapai dari penulisan KIT ini, diantaranya adalah:

1. Dapat merancang dan membuat sistem pendeteksi polusi udara menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106.
2. Dapat mengaplikasikan sistem untuk pendeteksi polusi udara menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LoRa Ra-02.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian perancangan sistem pendeteksi polusi udara di dalam kamar mesin secara *wireless* menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LoRa Ra-02 memiliki beberapa manfaat, antara lain:

1. Secara Teoritis
 - a. Menambah wawasan ilmu pengetahuan mengenai sistem pendeteksi polusi udara menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LoRa Ra-02.
 - b. Menambah wawasan pengetahuan bagi yang membaca Karya Ilmiah Terapan ini.
2. Secara Praktis
 - a. Menambah perbendaharaan perpustakaan Politeknik Pelayaran Surabaya, dan menjadi sumber bacaan maupun referensi bagi semua pihak yang membutuhkannya.
 - b. Menambah wawasan pengetahuan tentang cara pembuatan sistem pendeteksi polusi udara berbasis LoRa Ra-02.
 - c. Sebagai panduan pengetahuan untuk monitoring polusi udara di atas kapal khususnya di kamar mesin.
 - d. Sebagai acuan para *crew* di atas kapal agar dapat menjaga kualitas udara di kamar mesin kapal dengan lebih baik lagi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Peneliti meninjau beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan monitoring polusi udara dengan karya tulis yang pembahasannya kurang lebih sama. Penelitian ini adalah awalan yang diharapkan dapat membantu penulis dalam menyusun KIT . Beberapa penelitian sebelumnya yang di gunakan penulis sebagai referensi menyelesaikan tugas akhir dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	Danny Kurnianto. IT TELKOM PURWOKERTO	Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi LORA RA-02 di It Telkom Purwokerto	Pada sistem ini digunakan tiga sensor untuk mengukur kualitas udara yaitu MQ-7 untuk mengukur gas CO, MQ-135 untuk mengukur gas CO2 dan GP2Y1010AU0F untuk mengukur partikulat debu. Dirancang sebuah sistem monitoring kualitas udara yang dapat dipantau secara jarak jauh menggunakan komunikasi LoRa Ra-02.	Pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan komunikasi dengan LoRa Ra-02 Sedangkan pada KIT ini hanya menggunakan LoRa Ra-02 dan aplikasi BLYNK untuk monitoring jarak jauh.
2.	Ferry Fachrizal. Politeknik Negeri Medan, Medan	Sistem Monitoring Polusi Udara Menggunakan Sensor Pendeteksi Nitrogen Carbon Berbasis Internet of Thing	Pada sistem pemantauan ini merancang sistem monitoring pencemaran udara berbasis <i>web</i> yang akan menampilkan nilai tingkat pencemaran udara berdasarkan skala Indeks Standar Pencemaran Udara.	Pada penelitian sebelumnya hanya monitoring berbasis <i>web</i> dan aplikasi <i>mobile</i> Sedangkan pada KIT ini memonitoring kadar nilai gas melalui <i>web</i> dan aplikasi BLYNK melalui <i>smartphone</i> dan apabila membaca kadar nilai gas berlebih terdapat peringatan bunyi pada <i>buzzer</i> .

B. Landasan Teori

Menurut Fadhila Rahman dkk (2022) teori merupakan alur penalaran yang merupakan konsep, definisi, dan proporsisi yang dirangkai secara sistematis. Konsep adalah pendapat yang dibentuk melewati proses penyimpulan umum dari suatu peristiwa berdasarkan hasil observasi yang relevan. Definisi adalah suatu pernyataan mengenai ciri suatu hal dan lebih kompleks dari makna, arti atau pengertian suatu hal. Sedangkan proposisi adalah suatu pernyataan yang membenarkan atau menolak suatu perkara. Oleh karena itu dibutuhkan teori yang mendukung KIT ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Kamar Mesin Kapal

Kamar Mesin adalah suatu ruangan di kapal yang didalamnya terdapat mesin-mesin yang dibutuhkan untuk olah gerak kapal, termasuk untuk penunjang kehidupan *crew* kapal dan orang-orang lain diatas kapal (M. Badrus Zaman dkk, 2023). Di dalamnya terdapat ruang kontrol mesin hingga generator yang berfungsi untuk membangkitkan listrik. Terdapat pompa yang berfungsi untuk memindahkan zat cair seperti air laut, air tawar, bahan bakar dan oli, yang biasanya disertai dengan sistem perpipaan, termasuk katup tekan, katup isap, saringan, tangki-tangki, alat-alat pengaman, dan lainnya. Terdapat mesin-mesin Darurat seperti generator Darurat (*Emergency Generator*), yang digunakan jika terjadi *black-out* akibat terjadinya masalah generator. Kamar mesin kapal dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kamar Mesin Kapal

Sumber: <https://www.safety-marine.com/2022/05/9-jenis-pompa-di-atas-kapal-dan.html>

2. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida merupakan zat kimia yang terdiri dari dua atom oksigen atau (O₂) yang terikat dengan atom karbon atau (C) sebagai hasil pembuangan sisa hasil pembakaran karbon yang sempurna (Muttaqin & Suprpto, 2019). Polusi udara dan banyaknya aktifitas manusia menyebabkan meningkatnya kadar CO₂. Tabel tingkatan kadar CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tingkatan Kadar CO₂

Konsentrasi CO ₂ (ppm)	Keterangan
400	Tingkat rata-rata CO ₂ dalam udara di luar ruangan.
401 – 1.000	Tingkat CO ₂ yang terdapat di ruangan yang memiliki pertukaran udara yang baik.
1.001 – 2.000	Tingkat ini dapat menyebabkan keluhan kantuk dan kondisi udara yang buruk
2.001 – 5.000	Tingkat CO ₂ dapat menyebabkan sakit kepala, kantuk, dan udara yang pengap, dan sesak, kehilangan perhatian, dan peningkatan denyut jantung.
5.000	Menunjukkan kondisi udara tidak biasa yang mana tingkat gas tinggi. Toksisitas atau kekurangan oksigen bisa terjadi. Ini adalah batas paparan yang diizinkan untuk paparan di tempat kerja sehari-hari.

3. Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan polusi gas yang terdiri dari nitrogen dan oksigen yang merupakan satu kelompok gas terkait yang disebut nitrogen oksida (Safira dkk, 2022). Sumber utama nitrogen dioksida adalah dari pembakaran bahan bakar fosil batubara, gas, dan minyak. Tabel tingkatan kadar NO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Tingkatan Kadar NO₂

Konsentrasi NO ₂ (ppm)	Keterangan
0,025	Sedikit berbau
0,05	Berbau
1	Bau dan Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma.

4. *Long Range* (LoRa Ra-02)

LoRa Ra-02 adalah modul komunikasi secara *wireless* berdaya rendah, yang diperkenalkan oleh Semtech pada tahun 2013 (MF Febriyan, 2020). Karakteristik dari LoRa Ra-02 adalah daya pancar yang dapat mencakup area luas, terutama di lingkungan perkotaan. Berbagai fitur LoRa Ra-02 membuat LoRa Ra-02 ideal untuk pekerjaan bersekala besar dan komersial dengan biaya rendah. LoRa Ra-02 terdiri dari tiga komponen utama yaitu (Santiko, M. A, 2023) :

- LoRa Ra-02 *end device*, berisi sensor yang terhubung melalui LoRa Ra-02 *radio interface* dengan LoRa Ra-02 *Gateway*.
- LoRa Ra-02 *gateway*, berfungsi untuk menghubungkan antara LoRa Ra-02 *end device* dengan LoRa Ra-02 *NetServer*.
- LoRa Ra-02 *NetServer*, merupakan media pengontrol seluruh

jaringan yang dapat berfungsi sebagai manajemen sumber daya radio, memproses data.

Ra-02 merupakan perangkat LoRa yang diciptakan oleh AI Thinker. Ra-02 menggunakan Semtech SX1278 sebagai *chip* LoRa Ra-02. Ra-02 dapat digunakan pada arduino dengan menggunakan protokol SPI. Bentuk fisik Ra-02 dan spesifikasi modul LoRa Ra-02 dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Tabel 2.4.



Gambar 2. 4 LoRa Ra-02 Modul *Type* Ra-02

Sumber: [http://sonoku.com/memulai-komunikasi-dengan-LoRa Ra-02-ra-02-sx1278-dan-arduino/](http://sonoku.com/memulai-komunikasi-dengan-LoRa-Ra-02-ra-02-sx1278-dan-arduino/)

Tabel 2. 2 Spesifikasi LoRa Ra-02 Modul *Type* Ra-02

No.	Fitur	Deskripsi
1.	<i>Frequency range</i>	410 MHz – 525 MHz
2.	<i>Port</i>	SPI & GPIO
3.	<i>Operating voltage</i>	1,8 V – 3,7 V
4.	<i>Working current:</i>	<i>receive less than 10,8mA, transmit less than 120 mA</i>
5.	<i>Pin pitch</i>	2,0 mm
6.	<i>Working temperature</i>	-40 - +85 degrees

5. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan yang berbasis di Shanghai, China yakni *Espressif Systems* (Sudiarsa & Dirgayusari, 2009). ESP32 memberikan solusi jaringan *WiFi* sebagai

jembatan dari mikrokontroler ke jaringan *WiFi*. ESP32 menggunakan prosesor *dual core* yang berjalan di instruksi Xtensa LX16, ESP32 memiliki bentuk fisik dan spesifikasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.3 dan Tabel 2.5.



Gambar 2. 3 Mikrokontroler ESP32

Sumber : <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>

Tabel 2.5 Spesifikasi ESP32

No	Fitur	Deskripsi
1.	Tegangan	3.3Volt
2.	Prosesor	Tensilica L108 32 bit
3.	Kecepatan Prosesor	Dual 160MHz
4.	RAM	520k
5.	GPIO	34
6.	ADC	7
7.	Dukungan 802.11	11b/g/n/e/i
8.	Bluetooth	BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>)
9.	SPI	3
10.	I2C	2
11.	UART	3

6. Arduino UNO

Arduino UNO adalah modul mikrokontroler *open source* berbentuk papan mikrokontroler yang mudah digunakan (MF Febriyan, 2020). Arduino UNO memiliki 6 pin analog *input* dan 14 pin digital *input/output* (6 diantaranya digunakan sebagai *output* PWM). Arduino UNO memiliki 16 MHz *quartz crystal*,

koneksi USB, *power jack*, *header ICSP* dan tombol reset. Arduino dapat *support* mikrokontroler dan bisa dikoneksikan ke komputer dengan kabel USB. Daya pada arduino didapat dari tegangan DC yang masuk dari *power jack* atau *port* USB. Bentuk fisik mikrokontroler arduino uno dan spesifikasinya dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Tabel 2.6.



Gambar 2. 4 Mikrokontroler Arduino Uno

Sumber : <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

Tabel 2.6 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Uno

No.	Fitur	Deskripsi
1.	Tegangan Operasi	5V
2.	Tegangan <i>Input</i>	Disarankan 7 – 12 V
3.	Batas Tegangan <i>Input</i>	6 – 20 V
4.	Pin Digital I/O	14 (dimana 6 pin <i>output</i> PWM)
5.	Pin Analog <i>Input</i>	6
6.	Arus DC per I/O Pin	40 mA
7.	Arus DC untuk Pin	3,3 V 50 m A
8.	SRAM	2 KB (Atmega328)
9.	EEPROM	1 KB (Atmega328)
10.	<i>Clock</i>	16 MHz

7. Sensor TGS2106

TGS2610 merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi gas nitrogen oksida (NO₂) (Salomina Laitera dkk, 2022). Sensor ini mempunyai

resistansi R_s yang dapat berubah jika terkena gas dan mempunyai sebuah pemanas yang digunakan sebagai pembersih ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Bentuk fisik sensor TGS2106 dan spesifikasi sensor TGS2106 dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Tabel 2.7.



Gambar 2. 2 Sensor TGS2106

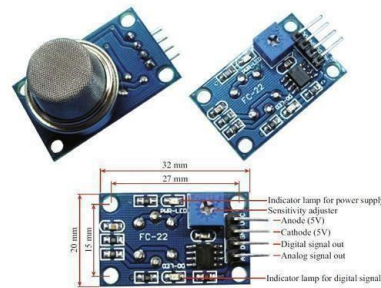
Sumber: <https://www.apollounion.com/en/p-Diesel-Engine-Exhaust-Gas-sensor-TGS-2106-202.html>

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor TGS2106

<i>Model number</i>			TGS 2106	
<i>Sensing element type</i>			S1	
<i>Standard package</i>			Plastic (blue)	
<i>Target gases</i>			Diesel exhaust (NO ₂)	
<i>Typical detection range</i>			0.1 ~ 10 ppm	
<i>Standard circuit conditions</i>	<i>Heater voltage</i>	V_H	6.2V DC $\pm$ 5%	
	<i>Circuit voltage</i>	V_C	15.0V DC	$P_s < 15\text{mW}$
	<i>Load resistance</i>	R_L	Variable	$P_s < 15\text{mW}$
<i>Electrical characteristics under standard test conditions</i>	<i>Heater resistance</i>	R_H	$50\Omega \pm 10\%$ at room temp.	
	<i>Heater current</i>	I_H	87mA	
	<i>Heater power consumption</i>	P_H	539mW	$V_H = 6.2\text{V DC}$
	<i>Sensor resistance</i>	R_s	$5 \sim 50\text{k}\Omega$ in air	
	<i>Sensitivity (change ratio of R_s)</i>		$2.0 \sim 7.0$	$\frac{R_s(0.5\text{ppm of NO}_2)}{R_s(\text{air})}$
<i>Standard test conditions</i>	<i>Test gas conditions</i>	Air at $20 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%\text{RH}$		
	<i>Circuit conditions</i>	$R_L = 10\text{k}\Omega \pm 1\%$, $\pm c = 6.2\text{V DDC} \pm 3\%$		
	<i>Conditioning period before test</i>	2~7 days		

8. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sensor yang mendeteksi gas karbon dioksida (CO₂), sensor ini mengirimkan hasil deteksi kualitas udara dan hasil resensi analog di pin *output*. Cara kerja dari sensor MQ-135 adalah dengan menampilkan data dari analog yang terbaca dari tegangan *output* pada saat adanya gas pencemaran. Pada saat semi konduktor SnO₂ yang diberi tegangan yang panas, jika terjadi gas pencemaran maka akan terjadi perpindahan energi serta pergerakan sehingga mempunyai nilai *output* yang berbeda dengan hasil *input* (Lahal, A., & Suharyanto, C. E., 2021). Bentuk fisik sensor MQ-135 dan spesifikasi sensor MQ135 dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Tabel 2.6.



Gambar 2. 3 Sensor MQ135

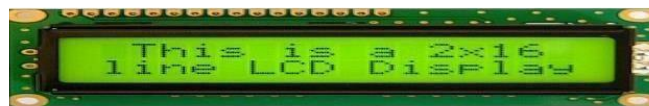
Sumber : <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor MQ135

No.	Fitur	Deskripsi
1.	<i>Operating Voltage</i>	2,5 – 5,0 V
2.	<i>Detecting Concentration</i>	10ppm-300ppm for NH ₃ 10ppm-1000ppm for Benzene 10ppm-300ppm for Alcohol
3.	<i>Load Resistance</i>	Adjustable
4.	<i>Load Resistance</i>	33Ω ± 5%
5.	<i>Load Resistance</i>	Less than 800 mV
6.	<i>Load Resistance</i>	-10 to 45°C

9. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah sebuah tampilan yang menggunakan *cristal* cair sebagai penampil utama. LCD digunakan pada alat elektronik lainnya seperti televisi, kalkulator, dan komputer. LCD yang digunakan disini adalah dengan jumlah karakter 2 x 16. Dalam perancangan alat sangat dibutuhkan LCD karena akan menampilkan hasil kerja dari alat tersebut. Pada *interface* LCD termasuk dalam paralel bus karena sangat memudahkan pembaca untuk memahami data atau ke LCD (Lahal, A., & Suharyanto, C. E., 2021). Bentuk fisik LCD dan spesifikasi LCD dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan Tabel 2.7.



Gambar 2.4 LCD

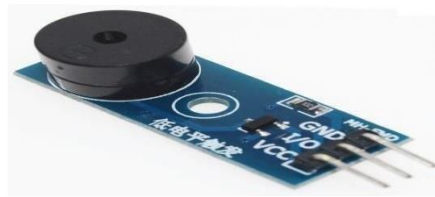
Sumber : <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-modul-display-lcd-16x2/>

Tabel 2. 6 Spesifikasi LCD 16x2

Item	Symbol	Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input Voltage	V_{DD}	$V_{DD} = +5V$	4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{DD}	$V_{DD} = +5V$	1.0	1.2	1.5	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temperature Version Module	V_{DD} to V_0	-20 °C	-	-	5.2	V
		0 °C	-	-	-	
		25 °C	-	3.7	-	
		50 °C	-	-	-	
		70°C	3.1	-	-	
LED Forward Voltage	V_F	25 °C	-	4.2	-	
LED Forward Current - Array	I_F	25 °C	-	100	-	mA
LED Forward Current - Edge			-	20	40	
EL Power Supply Current	I_{EL}	$V_{EL} = 110 V_{AC}$, 400 Hz	-	-	5.0	mA

10. *Buzzer*

Buzzer merupakan sebuah alarm yang dapat digunakan sebagai pemberi *signal* dalam bentuk suara bahwa akan terjadi sesuatu disini alarm yang digunakan adalah alarm dengan keluaran 5 volt ((Lahal, A., & Suharyanto, C. E., 2021). Bentuk fisik *buzzer* dan spesifikasi *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan Tabel 2.10.



Gambar 2. 5 *Buzzer*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/7HsJCuA32F8n2U9o6>

Tabel 2.7 Spesifikasi *Buzzer*

No.	Fitur	Deskripsi
1.	<i>Reated Voltage</i>	6V DC
2.	<i>Operating Voltage</i>	4 – 8 V DC
3.	<i>Rated Current</i>	<30 mA
4.	<i>Sound Type</i>	<i>Continuous Beep</i>
5.	<i>Resonand Frekuensi</i>	~2300 Hz

11. Antena LoRa Ra-02 Model: An868-915a

Antena merupakan daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai perangkat yang meradiasi dan menerima gelombang elektromagnetik (Moh Shofiyullah dan Sulistiyanto, 2020). BY-868-915-05 adalah antena SMA *Omni-Directional* 868MHz eksternal. Untuk digunakan dalam berbagai aplikasi LoRa Ra-02 / Sigfox / ISM, seperti pengukur energi cerdas, keamanan rumah, pengelolaan limbah,

dll. Bentuk fisik antenna dan spesifikasi antenna dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Tabel 2.11.



Gambar 2. 6 Antena LoRa Ra-02 model AN868-915A

Sumber : [https://usatcorp.com/shop/multitech-LoRa Ra-02-antennas/](https://usatcorp.com/shop/multitech-LoRa-Ra-02-antennas/)

Tabel 2. 8 Spesifikasi Antena LoRa Ra-02 Model: An868-915a

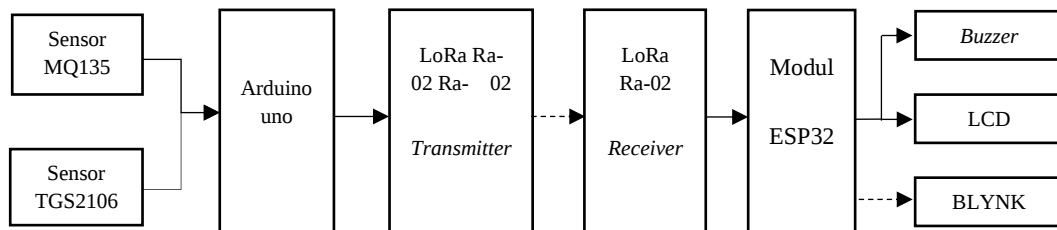
No.	Fitur	Deskripsi
1.	<i>Frequency Group</i>	UHF (300 MHz ~ 1 GHz)
2.	<i>Frequency (Center/Band)</i>	868MHz, 915MHz
3.	<i>Frequency Range</i>	868MHz ~ 915MHz
4.	<i>Antenna Type</i>	<i>Whip, Tilt</i>
5.	<i>Gain</i>	3dBi
6.	<i>Termination</i>	<i>Connector, RP-SMA Male</i>
7.	<i>Height (Max)</i>	8.000" (203.20mm)
8.	<i>Applications</i>	ISM

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Pada bab ini akan membahas tentang metodologi dan perancangan sistem alat karya ilmiah terapan yang akan dilakukan. Jenis metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian *eksperiment*. Metode *eksperiment* merupakan suatu metode percobaan sebagai pembuktian, pengecekan bahwa teori yang sudah di pelajari itu memang benar (Jaya, B. D., & Sutarto, S, 2021). Secara umum, perancangan sistem pendeteksi polusi udara yang menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 terdiri dari beberapa bagian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 Blok Diagram.



Gambar 3. 1 Blok Diagram

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Dari diagram diatas terdapat bahwa sistem ini terbagi menjadi beberapa bagian seperti : sensor MQ135, sensor TGS2106, Arduino uno, modul LoRa Ra-02 *Transmitter*, modul LoRa Ra-02 *Receiver*, modul ESP32, LCD, *Buzzer*.

1. Sensor MQ135

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi gas karbon dioksida (CO₂), sensor ini membaca hasil deteksi kualitas udara dan hasil resensi analog di pin *output*.

2. Sensor TGS2106

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi gas nitrogen dioksida (NO₂). Sensor ini mempunyai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas dan mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar.

3. Mikrokontroler Arduino uno

Arduino ini digunakan sebagai alat mikrokontroler pertama pada bagian *Transmitter* sebagai pengontrol utama untuk mengendalikan dan mengontrol semua sensor dan modul LoRa Ra-02. Sehingga semua komponen dapat berjalan sesuai dengan program yang dibuat peneliti.

4. LoRa Ra-02 *Transmitter* modul type Ra-02

LoRa Ra-02 ini digunakan sebagai modul pengontrol komunikasi jaringan untuk mengirimkan sebuah data ke LoRa Ra-02 *receiver* dari hasil pembacaan sensor tersebut yang sudah di kontrol oleh Arduino uno.

5. LoRa Ra-02 *Receiver* modul type Ra-02

LoRa Ra-02 ini digunakan sebagai modul pengontrol komunikasi jaringan untuk menerima sebuah data dari LoRa Ra-02 *transmitter* dari hasil pembacaan sensor tersebut yang sudah di kontrol oleh Arduino uno.

6. ESP32

ESP32 ini digunakan sebagai alat mikrokontroler kedua pada bagian *Receiver* sebagai pengontrol utama untuk mengendalikan dan mengontrol LoRa Ra-02, LCD, dan *Buzzer*, sehingga semua komponen dapat berjalan sesuai dengan program yang di buat peneliti.

7. LCD

LCD ini digunakan sebagai layar tampilan monitor hasil pengukuran dari semua sensor yang terpasang dan terhubung dengan mikrokontroler untuk dapat melihat hasil nilai yang terbaca oleh sensor.

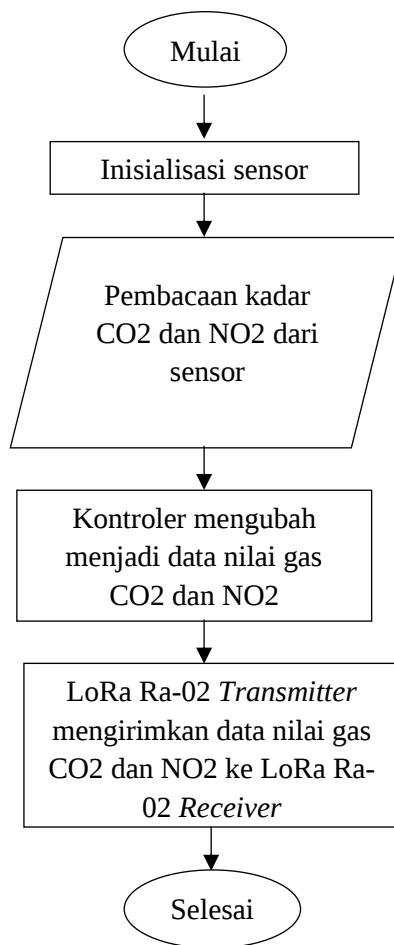
8. *Buzzer*

Buzzer digunakan untuk sebuah tanda peringatan alarm apabila terjadi hasil pengukuran dari sensor MQ135 dan TGS2106 melebihi atau tidak sesuai dengan hasil yang telah di tentukan oleh peneliti.

9. BLYNK

BLYNK adalah *platform* untuk aplikasi OS *Mobile* (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali modul Arduino Uno dan modul sejenisnya melalui Internet.

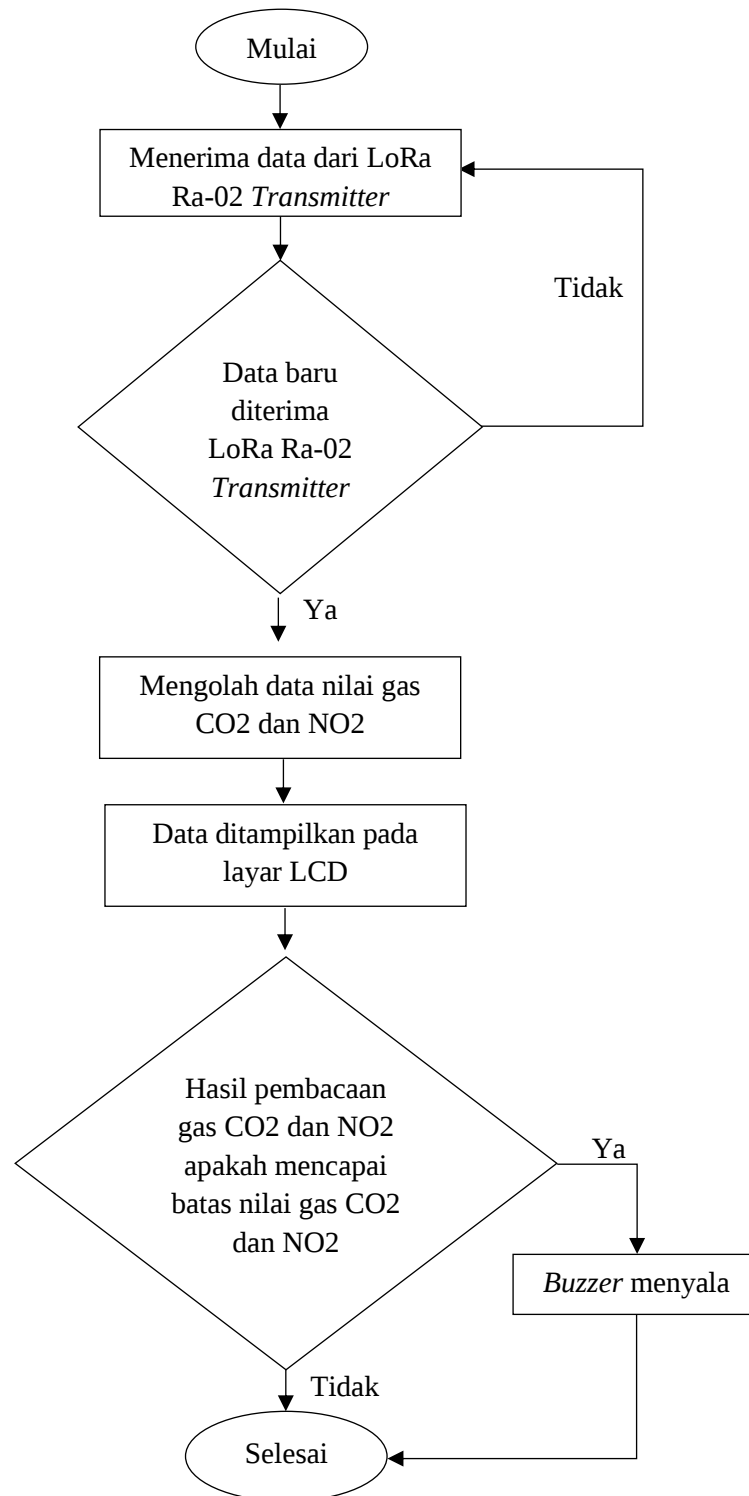
Dalam melakukan perancangan sistem pendeteksi polusi udara di kamar mesin dibutuhkan alur kerja dari *transmitter* dan *receiver*. Sistem kerja dari *transmitter* dapat dilihat pada *flowchart* di Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 *Flowchart* Sistem *Transmitter* Data

Sumber : Dokumen Pribadi (2023)

Berdasarkan *flowchart* Gambar 3.2 bahwa proses *transmitter* data dimulai dengan inisialisasi semua sensor dan mulai membaca nilai gas CO₂ dan NO₂. Kemudian data tersebut akan masuk ke mikrokontroler arduino uno untuk proses pengolahan dan pengontrolan data. Dari arduino kemudian data akan diteruskan ke modul LoRa Ra-02 untuk di kirimkan ke *receiver* dengan sistem komunikasi jaringan LoRa Ra-02. Sistem kerja untuk *receiver* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



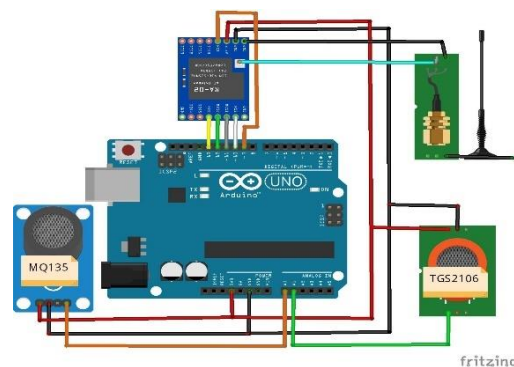
Gambar 3. 3 *Flowchart* Sistem Receiver Data

Sumber : Dokumen Pribadi (2023)

Berdasarkan *flowchart* Gambar 3.3 bahwa proses *receiver* data dimulai, kemudian modul LoRa Ra-02 secara otomatis akan menerima data dari *transmitter* dengan catatan jika berhasil menerima data maka akan lanjut ke langkah selanjutnya, namun jika tidak maka akan kembali ke proses awal penerimaan data. Kemudian data akan diteruskan menuju mikrokontroler ESP32 untuk pemrosesan data kembali dan diteruskan menuju layar LCD monitor untuk menampilkan hasil pembacaan data dari sensor. Kemudian apabila di dalam pembacaan sensor CO2 dan NO2 mencapai nilai batas sensor maka program akan mengaktifkan tanda peringatan alarm pada *buzzer*, namun jika hasil pembacaan tersebut tidak mencapai batas nilai sensor maka program tidak akan memerintahkan *buzzer* untuk berbunyi dan program dinyatakan selesai.

B. Perencanaan Alat

Perancangan alat pada penelitian “perancangan sistem pendeteksi polusi udara di dalam kamar mesin secara *wireless* menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LoRa” dibagi menjadi dua bagian perancangan alat sebagai *Transmitter* (pengirim data) dan perancangan alat sebagai *Receiver* (penerima data). Rancangan alat *transmitter* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Rancangan Alat sebagai *Transmitter* Data

Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

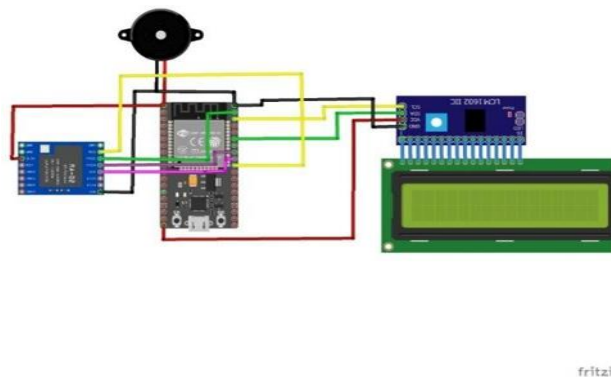
Pin perancangan alat *transmitter* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Pin Perancangan Alat *Transmitter*

LCD 12C	
Pin pada LCD 12C	Pin modul ESP32
SDA	Pin 21
SCL	Pin 22
LoRa Ra-02	
Pin pada LoRa Ra-02	Pin modul ESP32
SS	Pin 5
RST	Pin 4
DI00	Pin 2
Buzzer	
Pin pada Buzzer	Pin modul ESP32
PIN	Pin 12

Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Rancangan alat *receiver* data dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Rancangan Alat sebagai *Receiver* Data

Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

Pin perancangan alat *receiver* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Pin Perancangan Alat *Receiver*

LCD 12C	
Pin pada LCD 12C	Pin modul ESP32
SDA	Pin 21
SCL	Pin 22
LoRa Ra-02	

Pin pada LoRa Ra-02	Pin modul ESP32
SS	Pin 5
RST	Pin 4
DI00	Pin 2
<i>Buzzer</i>	
Pin pada <i>Buzzer</i>	Pin modul ESP32
PIN	Pin 12

Sumber: Dokumen Pribadi (2023)

C. Rencana Pengujian

Rencana pengujian merupakan konsep pengujian terhadap alat yang dibuat untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada alat. Rencana pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan dua metode yaitu rencana pengujian statis dan dinamis.

1. Rencana Pengujian Statis

Perancangan alat pada penelitian ini memiliki beberapa rencana pengujian statis yaitu:

- a. Sensor gas akan dilakukan pengujian dengan cara sensor akan diuji menggunakan gas korek api atau asap dimana sensor tersebut akan dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno agar program dan nilai gas dapat ditampilkan di LCD yang terhubung dengan LoRa Ra-02 *receiver*.
- b. Modul LoRa Ra-02 akan dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno kemudian dilakukan pengujian dengan cara pengetesan pembacaan nilai salah satu sensor yang terhubung

dengan LoRa Ra-02 *transmitter* dan data akan ditampilkan oleh LCD yang terhubung dengan LoRa Ra-02 *receiver*.

- c. LCD akan dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno, kemudian dilakukan pengujian dengan cara pengetesan tampilan contoh penulisan “Sensor Aktif” maka LCD akan menampilkan hasil pembacaan sesuai dengan perintah yang di program.
- d. *Buzzer* akan diujikan dengan cara dihubungkan langsung dengan pin 5 *volt* dan pin GND jika berbunyi maka *buzzer* dapat berkerja dengan baik.

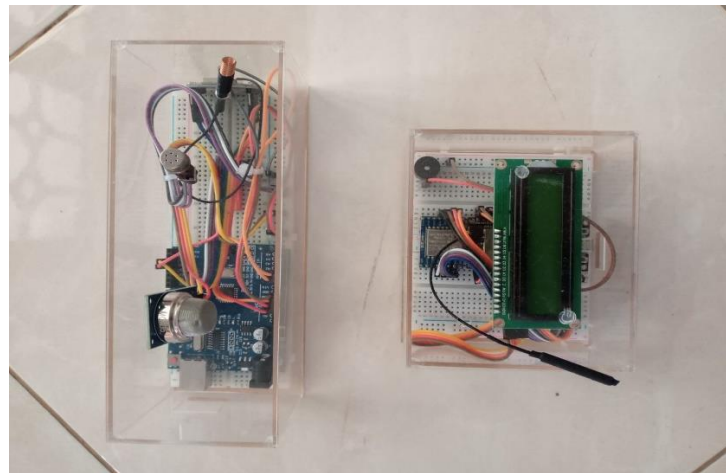
2. Rencana Pengujian Dinamis

Rencana pengujian dinamis akan dilakukan dengan beberapa tahap, setelah semua komponen alat sudah terkoneksi dan terpasang pada sistem *prototype* sistem pendeteksi polusi udara yaitu :

- a. Membuat tempat penempatan sistem pendeteksi polusi udara. Kemudian sebagai tempat penempatannya menggunakan tempat box mika akrilik sebagai pengaman alat dari adanya kerusakan yang berasal dari luar seperti perlindungan dari air, debu, kotoran, dll.
- b. Membuat *prototype* sistem pendeteksi polusi udara menyerupai pada gambar 3.6 dimana pada *box transmitter* terdapat lubang kecil yang berfungsi untuk pengujian sensor MQ-135 dan TGS2106 menggunakan asap dan gas pada korek api.

- c. Membuat *box transmitter* dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 10 cm yang di dalamnya terdapat beberapa *part* yaitu arduino uno, LoRa Ra-02, sensor MQ-135, sensor TGS2106, dan antena.
- d. Membuat *box receiver* dengan ukuran 15 cm x 10 cm x 10 cm yang di dalamnya terdapat beberapa *part* yaitu arduino uno, LoRa Ra-02, ESP32, LCD, *buzzer*, dan antena.
- e. Melakukan pengujian pemantauan melalui internet menggunakan BLYNK melalui *smartphone*.
- f. Melakukan pengujian kerja LoRa Ra-02 *transmitter* dan LoRa Ra-02 *receiver* dengan jarak 10-200 meter.

Desain *prototype* pendeteksi polusi udara dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 6 Desain *Prototype* Pendeteksi Polusi Udara
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

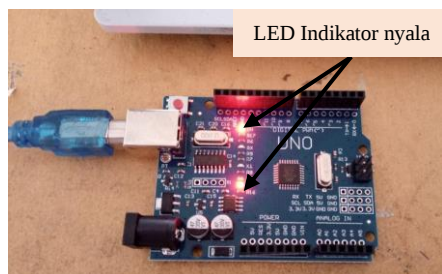
Hasil pengujian merupakan sebuah paparan data yang dihasilkan dari sebuah percobaan untuk mengetahui kemampuan kinerja dari sebuah komponen yang ada. Pengujian komponen pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian statis dan dinamis.

1. Pengujian Statis

Pengujian komponen dilakukan untuk menguji suatu komponen pada alat yang akan dirancang agar berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dan tidak terjadi *error* pada saat pengujian. Pengujian statis diharapkan mendapat hasil data yang valid sehingga dapat diolah dengan benar.

a. Pengujian Arduino Uno

Pengujian *hardware* Arduino Uno dilakukan dengan memberikan tegangan melalui *jack* adaptor 12volt atau menggunakan kabel usb yang dihubungkan pada laptop maupun sumber tegangan lainnya. Uji coba Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Pengujian Arduino Uno

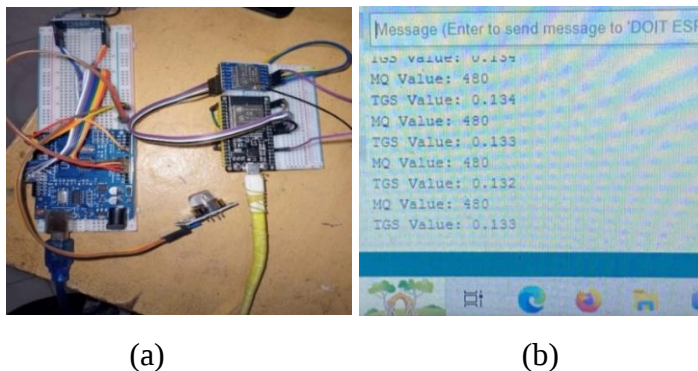
Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Gambar 4.1 menunjukkan Arduino Uno dapat berkerja dengan baik dan dapat digunakan yang ditandai dengan lampu indikator LED merah menyala Ketika Arduino Uno mendapat tegangan.

b. Pengujian Sensor

1.) Pengujian Sensor MQ135

Sensor MQ135 digunakan sebagai sensor pendeteksi gas CO₂. Pengujian sensor MQ135 dapat menggunakan gas korek api dengan menyemprotkan gas korek api ke ujung sensor. Dapat dilihat pada *Serial Monitor* Arduino Ide jika menampilkan data dapat dikatakan normal dan layak digunakan. Uji Coba Sensor MQ135 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 (a) Pengujian Sensor MQ135 dan (b) Serial Monitor Sensor MQ135

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Dapat dilihat pada gambar 4.2 sensor MQ-135 dapat membaca tingkat gas CO₂ sehingga dapat dinyatakan sensor dapat bekerja dengan baik.

Pengujian presisi sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi ketepatan sensor dalam mendeteksi gas. Pengujian ini

dilakukan dengan membandingkan hasil antara pembacaan sensor dengan alat ukur yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.3. Setelah data didapatkan pada penelitian, data akan dilakukan proses perhitungan tingkat nilai *error* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Error}(\%) = \frac{\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Alat Ukur Pembanding}}{\text{Nilai Alat Ukur Pembanding}} \times 100\%$$



Gambar 4. 3 Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Polusi Udara dengan Alat Ukur

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Hasil dari pengujian perbandingan nilai gas antara alat pendeteksi polusi udara dengan alat ukur CO₂ dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Data Real Pengujian dan Presisi Alat Pendeteksi Udara

Data Menit ke-	Alat Ukur CO ₂ (PPM)	Sensor MQ135 (PPM)	Error
1.	505	498	1,4%
2.	512	500	2,3%
3.	502	492	2,0%
4.	510	500	2,0%
5.	506	498	1,6%
6.	501	499	0,6%
7.	503	497	1,2%
8.	506	496	2,0%

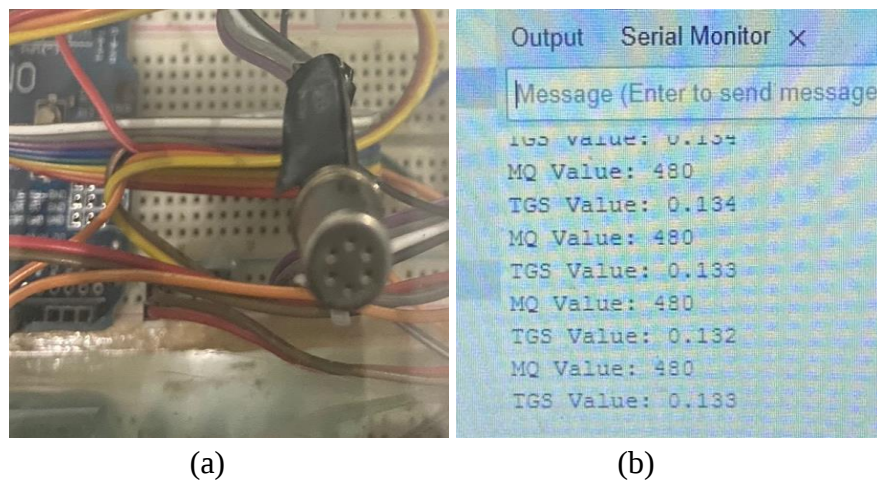
Data Menit ke-	Alat Ukur CO2 (PPM)	Sensor MQ135 (PPM)	Error
9.	512	505	1,4%
10.	510	505	1,0%
11.	515	507	1,4%
12.	511	505	1,2%
13.	509	504	1,0%
14.	506	500	1,2%
15.	503	497	1,2%
16.	504	499	1,0%
17.	501	496	1,4%
18.	505	500	1,0%
19.	502	498	0,8%
20.	507	500	1,4%
21.	503	498	1,0%
22.	501	496	1,0%
23.	505	500	1,0%
24.	502	499	0,6%
25.	509	503	1,2%
26.	511	507	0,8%
27.	514	505	1,8%
28.	518	506	2,3%
29.	512	504	1,6%
30.	508	501	1,4%
Total	15213	15015	1,3%
Rata-Rata	507	501	1,3%

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian alat pendeteksi polusi udara pada sensor MQ135 didapatkan sebuah hasil data *real* dengan pengujian sensor MQ135 selama 30 menit. Kemudian didapatkan sebuah persentase *error* terendah sebesar 0,6% dan persentase *error* tertinggi sebesar 2,3%.

2.) Pengujian Sensor TGS2106

Sensor TGS2106 digunakan sebagai sensor pendeteksi gas NO₂. Pengujian sensor TGS2106 dapat menggunakan gas korek api dengan menyemprotkan gas korek api ke ujung sensor. Dapat dilihat pada *Serial Monitor Arduino Ide* jika menampilkan data dapat dikatakan normal dan layak digunakan. Uji Coba Sensor TGS2106 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 (a) Pengujian Sensor TGS2106 dan (b) Serial Monitor
Sensor TGS2106

Sumber : Dokumen Pribadi(2024)

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 sensor TGS2106 dapat membaca tingkat gas NO₂ sehingga dapat dinyatakan sensor dapat bekerja dengan baik.

Pengujian presisi sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi ketepatan sensor dalam mendeteksi gas. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil pembacaan sensor dengan alat ukur yang digunakan. Pengujian alat pendeteksi

polusi udara dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Polusi Udara dengan Alat Ukur

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Selanjutnya untuk melihat hasil pengujian perbandingan dari alat pendeteksi polusi udara dengan alat ukur *fix station* Dinas Lingkungan Hidup Kota Gresik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Data Real Pengujian dan Presisi Alat Pendeteksi Polusi Udara

Data Menit ke-	Alat Ukur NO2 (PPM)	Sensor TGS2106 (PPM)	Error
1.	0,02	0,021	5%
2.	0,02	0,021	5%
3.	0,018	0,019	5%
4.	0,021	0,022	5%
5.	0,02	0,021	5%
6.	0,021	0,023	10%
7.	0,02	0,022	10%
8.	0,019	0,02	5%
9.	0,019	0,021	10%
10.	0,02	0,021	5%
11.	0,019	0,02	5%
12.	0,019	0,02	5%

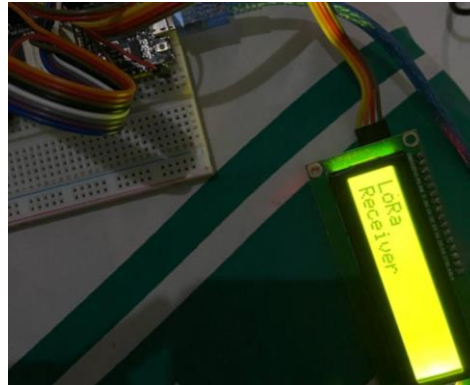
Data Menit ke-	Alat Ukur NO2 (PPM)	Sensor TGS2106 (PPM)	Error
13.	0,02	0,021	5%
14.	0,02	0,021	5%
15.	0,021	0,022	5%
16.	0,02	0,021	5%
17.	0,02	0,021	5%
18.	0,019	0,02	5%
19.	0,018	0,02	10%
20.	0,02	0,022	10%
21.	0,019	0,02	5%
22.	0,019	0,02	5%
23.	0,02	0,021	5%
24.	0,02	0,021	5%
25.	0,021	0,022	5%
26.	0,02	0,021	5%
27.	0,019	0,02	5%
28.	0,019	0,02	5%
29.	0,02	0,021	5%
30.	0,019	0,021	10%
Total	0,59	0,626	180%
Rata-Rata	0,02	0,021	6%

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian alat pendeteksi polusi udara pada sensor TGS2106 didapatkan sebuah hasil data *real* dengan pengujian sensor TGS2106 selama 30 menit. Kemudian didapatkan sebuah selisih *error* terendah sebesar 0,1 ppm dan selisih *error* tertinggi sebesar 0,2 ppm.

c. Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan cara menghubungkan LCD dengan mikrokontroler Esp32, kemudian dilakukan pengujian dengan cara memberikan perintah untuk menampilkan kata “LoRa Receiver” LCD. Uji coba LCD dapat dilihat pada Gambar 4.6.



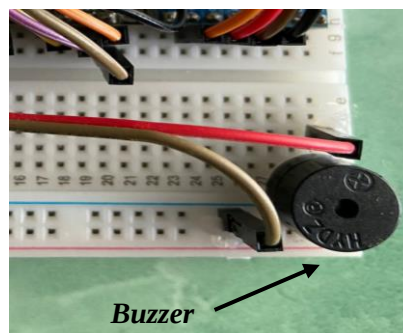
Gambar 4. 6 Pengujian LCD

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat pengujian LCD dapat menampilkan kata “LoRa Receiver” dengan baik sehingga LCD dapat dinyatakan normal dan dapat digunakan.

d. Pengujian *Buzzer*

Pengujian *buzzer* dilakukan dengan menghubungkan *buzzer* dengan mikrokontroler Esp32 atau dihubungkan dengan pin 5volt dan pin GND. Pengujian *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



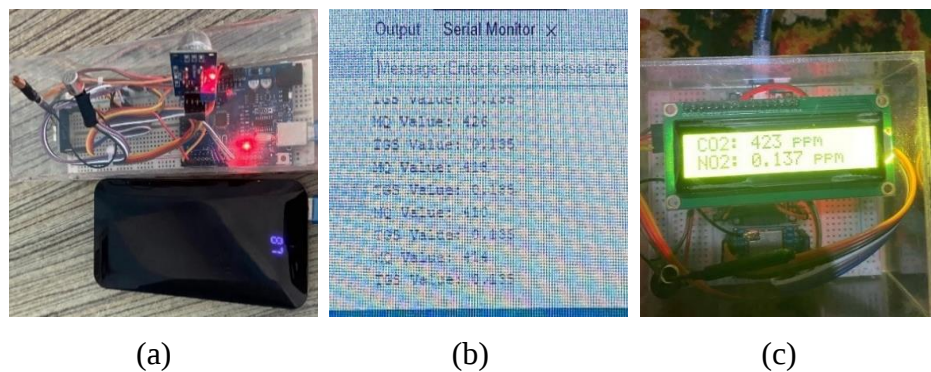
Gambar 4. 7 Pengujian *Buzzer*

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Pada Gambar 4.7 terlihat setelah dihubungkan dengan mikrokontroler esp32 *buzzer* dapat mengeluarkan suara dengan baik, sehingga dapat dinyatakan *buzzer* dapat digunakan.

e. Pengujian Modul LoRa Ra-02

Pengujian LoRa Ra-02 dilakukan dengan cara menghubungkan modul LoRa Ra-02 dengan mikrokontroler dan dilakukan pengujian dengan cara memberikan perintah untuk menampilkan pembacaan data nilai sensor MQ135 dan TGS2106 agar dapat terbaca di layar serial monitor *transmitter* dan layar LCD *receiver* dengan jarak jangkauan 6 meter. Pengujian komponen *transmitter* dan serial monitor *transmitter* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Pengujian (a) Komponen Modul LoRa Ra-02 *Transmitter*, (b) Serial Monitor *Transmitter*, (c) Komponen LoRa Ra-02 *Receiver*

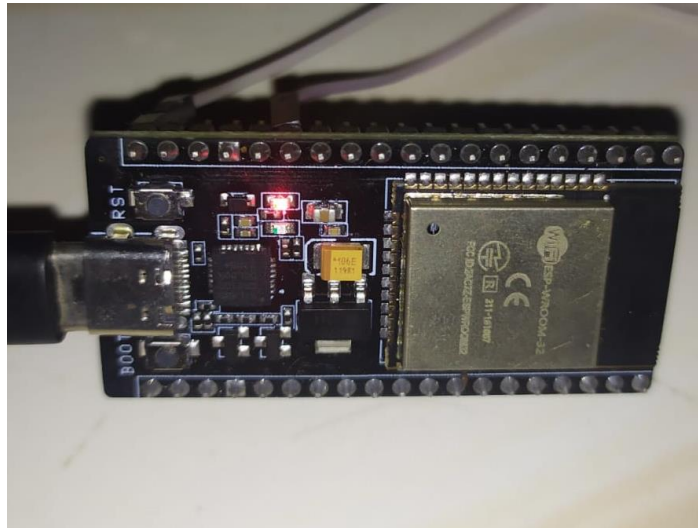
Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Pada Gambar 4.8 merupakan hasil tampilan dari komponen LoRa Ra-02 *transmitter* dan serial monitor *transmitter* saat dilakukan pengujian terhadap pembacaan pada nilai gas CO2 dan NO2. Data dari LoRa Ra-02 *transmitter* akan dikirimkan ke LoRa Ra-02 *receiver* dan datanya akan ditampilkan di LCD.

f. Pengujian ESP32

Pengujian *hardware* pada ESP32 dilakukan dengan cara memberikan tegangan 5 volt dari *power supply* unit menggunakan pin *input* 5 volt dan

ground. Ditandai dengan indikator lampu LED pada ESP32 yang menyala berwarna merah. Pengujian ESP32 dapat dilihat pada Gambar 4.9.



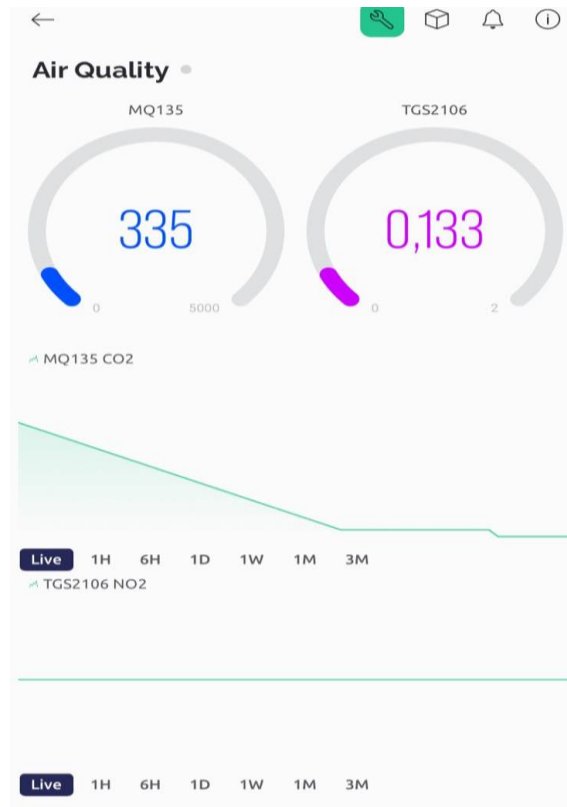
Gambar 4. 9 Pengujian ESP32

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Dapat dilihat pada Gambar 4.9 diatas bahwa lampu LED pada ESP32 dapat menyala dengan baik yang menandakan bahwa tegangan telah mengalir dengan baik dan *hardware* dalam kondisi baik dan siap digunakan.

g. Pengujian BLYNK

Pengujian BLYNK dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang yang dibaca LoRa Ra-02 *transmitter* dapat dikirim ke LoRa Ra-02 *receiver* dan dapat ditampilkan di aplikasi BLYNK di *handphone* atau website. Pengujian BLYNK dapat dilihat pada Gambar 4.10



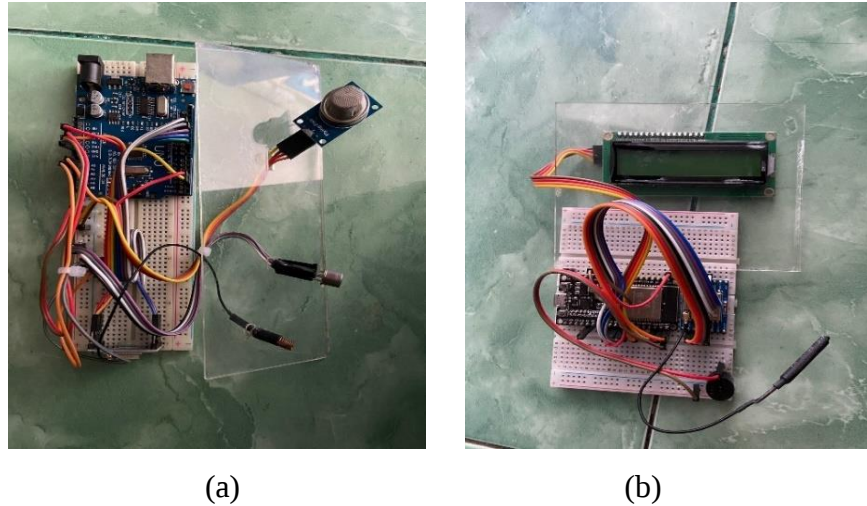
Gambar 4. 10 Pengujian BLYNK

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Dapat dilihat pada Gambar 4.10 BLYNK dapat menampilkan data yang dibaca oleh LoRa Ra-02 *transmitter* dan dikirimkan ke LoRa Ra-02 *receiver* dan data dapat ditampilkan ke aplikasi BLYNK.

2. Perakitan Komponen

Perakitan komponen merupakan tahapan untuk menyatukan seluruh komponen menjadi suatu kesatuan sehingga dapat dirangkai dengan baik. Setelah masing-masing komponen sudah dirangkai tahap selanjutnya yaitu menempatkan keseluruhan komponen menjadi satu pada suatu PCB agar komponen alat tersusun dengan baik dan ditempatkan secara rapih menggunakan *box* akrilik agar aman. Perakitan seluruh komponen dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Keseluruhan Komponen (a) LoRa Ra-02 *Transmitter* dan (b) LoRa Ra-02 *Receiver*

Sumber : Dokumen Pribadi(2024)

3. Pengujian Dinamis

Pengujian dinamis dilakukan untuk mendapatkan semua nilai data pada komponen dengan tujuan supaya dapat melihat kualitas dan kehandalan dari kinerja peralatan komponen yang terpasang. Pada penelitian ini pengujian dinamis dilakukan dengan beberapa cara antara lain pengujian alat di kapal dan pengujian jarak komunikasi LoRa Ra-02.

a. Pengujian Alat di Kapal

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat keseluruhan. Pengujian alat dilakukan di kamar mesin kapal KMP. JOKO TOLE. Untuk melihat nilai data dari pengujian alat pendeteksi polusi udara dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Pengujian Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kamar Mesin Kapal

No	CO2 (PPM)	NO2 (PPM)
1	605	0,092
2	607	0,091
3	607	0,089
4	605	0,093
5	605	0,095
6	606	0,09
7	605	0,093
8	608	0,095
9	608	0,089
10	607	0,09
11	607	0,089
12	608	0,095
13	606	0,093
14	605	0,093
15	605	0,089
16	608	0,093
17	607	0,094
18	608	0,092
19	607	0,089
20	606	0,094
21	608	0,091
22	609	0,091
23	610	0,09
24	608	0,09
25	610	0,091
26	611	0,094
27	614	0,094
28	612	0,094
29	612	0,093
30	610	0,093
Total	18234	2,759
Rata-Rata	608	0,092

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian alat pendeteksi udara, didapatkan sebuah hasil data dengan pengujian sensor selama 30

menit di kamar mesin dengan rata-rata nilai pembacaan sensor MQ135 sebesar 608 ppm sedangkan sensor TGS2106 sebesar 0,092 ppm.

b. Pengujian Fungsi Alat

Pengujian fungsi alat dilakukan dengan cara menyemprotkan gas korek api ke sensor MQ135 dan TGS2106 hingga sensor membaca nilai maksimal yang telah diprogram sehingga *buzzer* akan menyala apabila sensor membaca nilai gas berlebih. Selanjutnya untuk melihat nilai pengujian fungsi alat pendeteksi polusi udara dapat dilihat di Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Tabel Pengujian Fungsi Alat Pendeteksi Polusi Udara

No	CO2 (PPM)	NO2 (PPM)	Buzzer
1	2217	1,008	ON
2	2190	1,007	ON
3	2130	1,005	ON
4	2242	1,010	ON
5	1240	0,057	OFF
6	1167	0,049	OFF
7	2175	1,023	ON
8	1175	0,022	OFF
9	2221	1,007	ON
10	1157	0,025	OFF
11	1439	0,031	OFF
12	2195	1,013	ON
13	2181	1,003	ON
14	2142	1,011	ON
15	2235	1,012	ON
16	2138	1,008	ON
17	1261	0,039	OFF
18	1542	0,031	OFF
19	2238	1,006	ON
20	2239	1,003	ON
21	1346	0,028	OFF

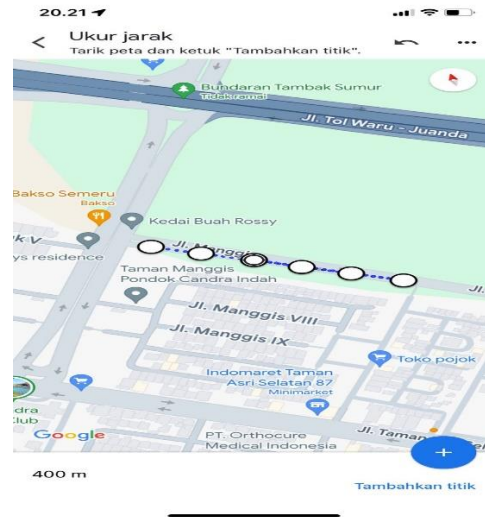
No	CO2 (PPM)	NO2 (PPM)	Buzzer
22	2237	1,015	ON
23	1493	0,026	OFF
24	1278	0,041	OFF
25	2134	1,018	ON
26	1325	0,051	OFF
27	2170	1,019	ON
28	2181	1,020	ON
29	2197	1,009	ON
30	1131	0,021	OFF

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian fungsi alat pendeteksi polusi udara yang ditandai dengan bunyi *buzzer* apabila sensor membaca nilai gas berlebih. Dalam pengujian didapatkan nilai gas CO2 sebesar 2175 ppm *buzzer* berbunyi dan nilai gas NO2 sebesar 1,008 ppm *buzzer* berbunyi. Sesuai program yang dirancang apabila alat mendeteksi gas CO2 diatas 2000 ppm dan gas NO2 diatas 1 ppm menandakan kondisi udara berbahaya sehingga *buzzer* berbunyi.

c. Pengujian Jarak Komunikasi LoRa Ra-02

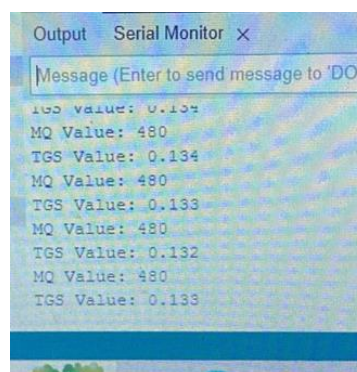
Untuk mendapatkan suatu kehandalan dari sistem monitoring dalam mengirim dan menerima data menggunakan jaringan nirkabel LoRa Ra-02. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan sebuah data dari *transmitter* ke *receiver*. Pengukuran jangkauan jarak komunikasi secara bertahap melalui bantuan aplikasi google maps yang tertera pada Gambar 4.12. Pada pengujian ini, hasil nilai data LoRa Ra-02 *transmitter* akan dikirimkan ke LoRa Ra-02 *receiver* dan datanya akan ditampilkan di LCD.



Gambar 4. 12 Penunjukkan Jarak Pada Google Maps

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Selanjutnya pengujian modul LoRa Ra-02 untuk mengetahui jarak jangkauan pada komunikasi antara LoRa Ra-02 *transmitter* dan LoRa Ra-02 *receiver* dalam mengirimkan data. Pengujian dilakukan untuk mengetahui data yang dikirimkan dapat diterima LoRa Ra-02 *receiver*. Tampilan serial monitor *transmitter* dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan tampilan monitor LCD sebagai *receiver* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 13 Tampilan Serial Monitor *Transmitter*

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)



Gambar 4. 14 Tampilan Monitor LCD sebagai *Receiver*

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Pada Gambar 4.13 dan 4.14 dapat dilihat LoRa Ra-02 *transmitter* dapat mengirimkan data ke LoRa Ra-02 *receiver* dan datanya dapat ditampilkan di serial monitor dan LCD dengan menggunakan beberapa tahap pengukuran jarak komunikasi. Kemudian untuk melihat hasil data dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Hasil Data Pengujian Jarak LoRa Ra-02 *Line Of Sight*

No.	Jarak (Meter)	CO2 (ppm)		NO2 (ppm)		Kevalidan Data (V/X)	
		Trv	Rcv	Trv	Rcv	Trv	Rcv
1.	0	430	430	0,089	0,089	V	V
2.	50	437	437	0,090	0,090	V	V
3.	100	430	430	0,089	0,089	V	V
4.	150	435	435	0,090	0,090	V	V
5.	200	433	433	0,090	0,090	V	V
6.	220	433	-	0,090	-	V	X

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Tabel 4. 6 Hasil Data Pengujian Jarak LoRa Ra-02 dengan *Non Line Of Sight*

No.	Jarak (Meter)	CO2 (ppm)		NO2 (ppm)		Kevalidan Data (V/X)	
		Trv	Rcv	Trv	Rcv	Trv	Rcv
1.	0	661	661	0,136	0,136	V	V
2.	10	689	689	0,136	0,136	V	V
3.	20	671	671	0,137	0,137	V	V
4.	30	671	671	0,137	0,137	V	V
5.	40	681	681	0,136	0,136	V	V
6.	49	691	691	0,137	0,137	V	V
7.	50	677	-	0,136	-	V	X

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Berdasarkan Tabel 4.4 sistem pengujian komunikasi LoRa Ra-02 dilakukan dengan bertahap. Pengujian pertama dilakukan tanpa penghalang atau *line of sight* atau mulai dari jarak 0 meter sampai 250 meter, namun LoRa Ra-02 *transmitter* tersebut hanya mampu mengirimkan data ke LoRa Ra-02 *receiver* dengan valid pada jarak maksimal 200 meter saja. Pada jarak 220 meter LoRa Ra-02 *transmitter* tidak dapat mengirimkan data valid ke LoRa Ra-02 *receiver* sehingga data tidak dapat ditampilkan di LCD. Kemudian pada tabel 4.5 pengujian kedua dilakukan menggunakan penghalang atau *non line of sight* dengan pengujian LoRa Ra-02 di gedung pembentukkan sampai di depan *workshop* Politeknik Pelayaran Surabaya.

Pengujian dilakukan dengan meletakkan LoRa Ra-02 *transmitter* di samping tangga lantai 1 dan LoRa Ra-02 *receiver* di depan kolam latihan sampai depan *workshop* secara bertahap mulai dari jarak 0 Meter sampai 50 meter, namun kedua LoRa Ra-02 tersebut hanya mampu mengirimkan

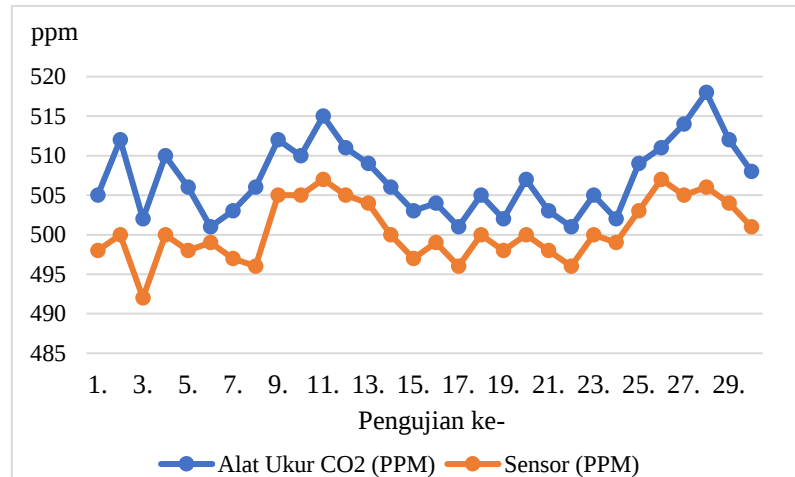
data dari *transmitter* ke *receiver* dengan valid pada jarak maksimal 49 meter saja. Pada jarak 50 meter LoRa Ra-02 *transmitter* tidak dapat mengirim data valid ke LoRa Ra-02 *receiver* sehingga data tidak dapat ditampilkan di LCD.

B. Pembahasan

Pembahasan penelitian dilakukan dengan tujuan untuk melakukan penyajian informasi data untuk mendapatkan informasi yang berguna. Pembahasan disini meliputi, pembahasan pengujian presisi sensor, pengujian alat di kapal, pengujian kehandalan alat, dan pengujian jarak komunikasi LoRa Ra-02.

a. Pembahasan Pengujian Presisi Alat

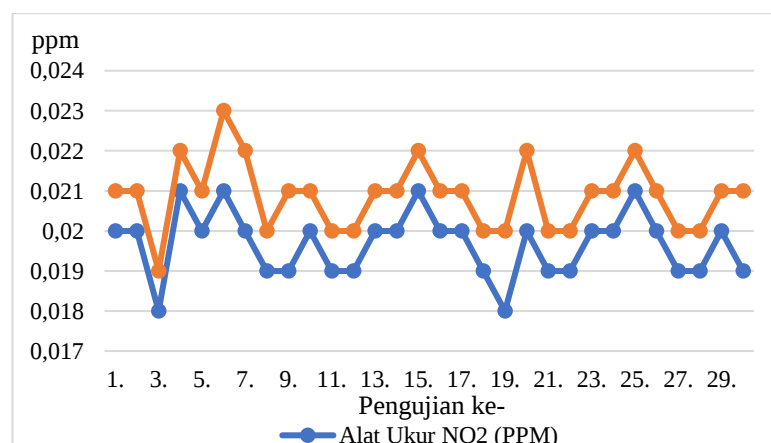
Pengujian presisi alat bertujuan untuk mengetahui keakuratan suatu alat agar alat tersebut dapat membaca suatu nilai gas dengan benar sesuai keadaan lingkungan tersebut. Namun ketika dilakukan perhitungan nilai *error* pada tiap kali percobaan terkadang menghasilkan tingkat nilai *error* yang berbeda atau tidak konsisten. Dimana terkadang menghasilkan nilai *error* tinggi dan terkadang menghasilkan nilai *error* yang rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kondisi lingkungan, perubahan karakteristik sensor, dan kualitas alat ukur. Selanjutnya untuk melihat grafik pengujian presisi alat pendeteksi polusi udara dengan alat ukur CO₂ dapat dilihat di Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Grafik Nilai Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Udara dengan Alat Ukur CO2

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Berdasarkan Gambar 4.15 diatas tingkat presisi pembacaan alat pendeteksi polusi udara dengan alat ukur CO2 mendapatkan selisih dengan rata-rata nilai *error* sebesar 1,3%. Nilai *error* tersebut masih dikategorikan nilai selisih aman karena masih dibawah nilai *error* 10%. Selanjutnya untuk melihat grafik pengujian presisi alat penedeteksi polusi udara dengan alat ukur NO2 dapat dilihat pada Gambar 4.16.



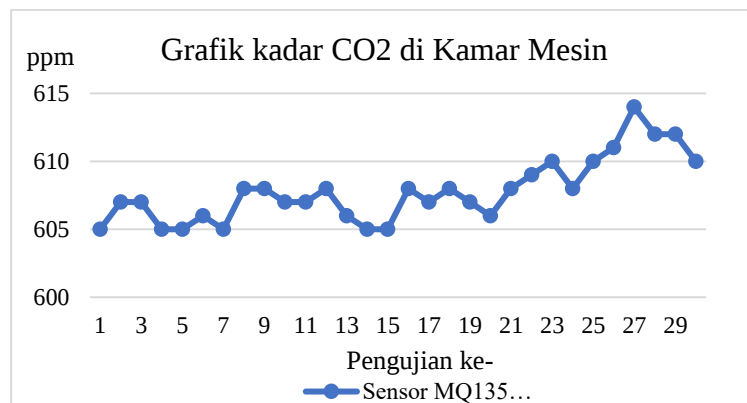
Gambar 4. 16 Grafik Nilai Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Udara dengan Alat Ukur NO2

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Berdasarkan Gambar 4.16 pengujian presisi pembacaan alat pendeteksi polusi udara dengan alat ukur NO₂ *fix station* di Dinas Lingkungan Hidup Kota Gresik mendapatkan selisih dengan rata-rata nilai *error* sebesar 6%.

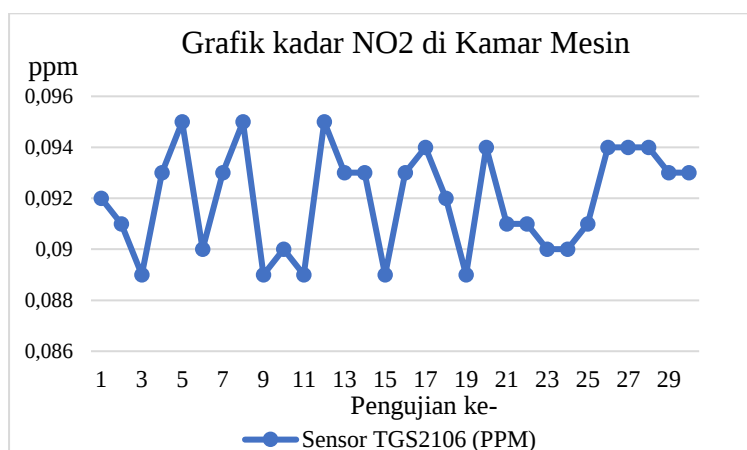
b. Pembahasan Pengujian Alat di Kapal

Pengujian alat dilakukan di kamar mesin kapal KMP. JOKO TOLE, Pengujian alat dilakukan saat kapal berlayar dari Surabaya ke Madura. Dalam pengujian, alat diletakkan di dekat *Main Engine*. Selanjutnya untuk melihat grafik nilai pengujian sensor MQ135 dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan 4.18.



Gambar 4. 17 Grafik Nilai Pengujian Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kapal

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)



Gambar 4. 18 Grafik Nilai Pengujian Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kapal

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

.Berdasarkan Gambar 4.17 dan 4.18 pengujian alat di kamar mesin KMP. JOKO TOLE didapatkan hasil data nilai gas CO₂ dengan nilai rata-rata 608 ppm sedangkan untuk hasil data nilai gas NO₂ didapatkan nilai dengan rata-rata 0,092 ppm.

c. Pembahasan Pengujian Keandalan Alat

Pengujian keandalan alat dilakukan untuk mengetahui keandalan suatu alat. Pengujian dilakukan dengan menyemprotkan gas korek api ke masing-masing sensor hingga *buzzer* berbunyi apabila nilai gas melebihi nilai yang ditentukan. Pengujian keandalan alat mendapatkan hasil nilai untuk sensor MQ135 *buzzer* berbunyi diatas nilai 2000 ppm sedangkan untuk nilai sensor TGS2106 *buzzer* berbunyi di nilai 1 ppm. Dengan demikian sistem berjalan dengan baik sesuai program yang dibuat.

d. Pembahasan Pengujian Komunikasi LoRa Ra-02

Komunikasi data menggunakan LoRa Ra-02 didapatkan jarak komunikasi maksimal LoRa Ra-02 dengan tanpa penghalang atau *line of sight* pada jarak 200 meter. Dimana LoRa Ra-02 *transmitter* dapat mengirimkan data ke LoRa Ra-02 *receiver* dengan jarak jangkauan 200 meter saja dalam kondisi tanpa penghalang atau *line of sight* sedangkan untuk yang melewati penghalang atau *non line of sight* pada jarak 49 meter saja. Dimana LoRa Ra-02 *transmitter* hanya dapat mengirimkan data ke LoRa Ra-02 *receiver* dengan jarak jangkauan 49 meter saja.

Sesuai dengan *datasheet* yang didapatkan dari beberapa sumber tentang LoRa Ra-02 mengatakan bahwa LoRa Ra-02 mampu berkomunikasi dengan jarak maksimal 10 km, namun pada kenyataannya hanya dapat berkomunikasi

mengirimkan nilai data *real* pada jarak maksimal pada jarak 80 meter melewati *obstacle* dan 200 meter tanpa *obstacle*. Kemudian setelah dilakukan penelitian terhadap hasil pengujian jarak pada LoRa Ra-02 didapatkan beberapa faktor menurunnya jangkauan gelombang sinyal LoRa Ra-02 pada jarak yang tidak sesuai dengan *datasheet* yaitu seperti, kualitas produk LoRa Ra-02 dan kondisi topografi. Sehingga hal ini menyebabkan jarak jangkauan gelombang sinyal LoRa Ra-02 tidak bisa menyebar luas dengan baik.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah terjawab dalam penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan sistem, perakitan alat, sampai dengan pengujian alat berjalan dengan baik. Sensor-sensor alat dapat membaca nilai sesuai fungsinya masing-masing serta alat mampu mendeteksi dan membaca nilai gas dari jarak jauh.
2. Hasil uji perangkat melalui jaringan LoRa Ra-02 yang telah dirancang dapat memonitoring data dari jarak jauh, untuk menginformasikan data pembacaan sensor MQ135 dan sensor TGS2106 dari perangkat keras sistem ini.

B. Saran

Berdasarkan pembuatan dan pengujian alat yang peneliti lakukan. Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam perancangan sistem pendeteksi polusi udara di dalam kamar mesin secara *wireless* menggunakan sensor MQ135 dan TGS2106 berbasis LoRa Ra-02. Saran disini dimaksudkan agar nantinya dapat dikembangkan menjadi lebih baik. Saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Alat ini dapat dikembangkan lagi kedepannya tentang akurasi nilai sensor agar lebih presisi dalam memonitoring kondisi gas dikamar mesin kapal.
2. Alat ini dapat dikembangkan lagi untuk penambahan penguat sinyal antenna pada LoRa Ra-02 *transmitter* dan *receiver* supaya lebih maksimal dalam

mengirimkan data secara jarak jauh.

3. Sempurnakan kembali dalam perakitan komponen dan tempat pengaman agar komponen aman dalam segala kondisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, W. C., Raharjo, M., & Wahyuningsih, N. E. (2021). Literatur Review: Hubungan Antara Kualitas Udara Ruang Dengan Gangguan Kesehatan Pada Pekerja. *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 8(1), 88-94.
- Dirgayusari, A. M., & Sudiarsa, I. W. (2021). Implementasi Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu Kelembaban Ruang Budidaya Jamur Berbasis IoT. *Jurnal Sistem Informasi Dan Komputer Terapan Indonesia (JSIKTI)*, 4(2), 78-89.
- Febriyan, M. F. (2020). Rancang Bangun *Transmitter* Dan *Receiver* Untuk Pendaki Berbasis LORA RA-02 (Doctoral Dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).
- Jaya, B. D., & Sutarto, S. (2021). Metode Eksperimen Terbimbing Dalam Pembelajaran Fisika Di Smp; Studi Hasil Belajar, Efektivitas, Dan Retensi Hasil Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Konsep Pesawat Sederhana. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(1), 80-86.
- Lahal, A., & Suharyanto, C. E. (2021). Rancang Bangun Alat Monitoring Polusi Udara Berbasis Arduino. *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, 5(1), 54-63.
- Laitera, S., Dewa, W. A., & Arifin, S. (2022). Penerapan Sistem Alarm Berbasis Arduino Uno Untuk Mendeteksi Kebocoran Gas LPG. *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi*, 2(2), 96-106.
- Muttaqin, I., & Suprpto, M. (2019). Perancangan Tabung Penyerap Dan Pembersih Gas Emisi. *Jurnal EEICT*. 2(1). 1-8.
- Pratiwi, A., & Zaenab, Z. (2020). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kepadatan Kendaraan Dengan Kandungan Karbon dioksida (CO₂) Di Kota Makassar Tahun 2019. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 20(1), 35-41.
- Rahman, F., Kemala, I. N., & Kartawiria, H. O. (2022). Struktur Ilmu Dan Struktur Teori Bimbingan Dan Konseling. *JIEGC Journal of Islamic Education Guidance and Counselling*, 3(2), 39-52.

- Safira, M. C., Fauzan, A., & Adhiwibawa, M. A. S. (2022). Interpolasi Polutan Nitrogen Dioksida (NO₂) Dengan Pendekatan *Ordinary Kriging* Dan *Inverse Distance Weighted* (Studi Kasus Di Kota Yogyakarta). *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 14(2), 55-66.
- Santiko, M. A., Eridani, D., & Rochim, A. F. (2023). Komunikasi Long Range dan Gateway dalam Penerimaan Data Multi-Node Sensor pada Sistem Monitoring. *Jurnal Teknik Komputer*, 2(2), 100-104.
- Santoso, I., & Madiistriyatno, H. (2021). Metodologi Penelitian Kuantitatif. Tangerang: Indigo Media.
- Shofiyullah, M., & Sulistiyanto, S. (2020). Perancangan Sistem Kontrol Rotasi Antena Tv Dengan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 7(1), 28-36.
- Syahputri, A. Z., Della Fallenia, F., & Syafitri, R. (2023). Kerangka Berfikir Penelitian Kuantitatif. *Tarbiyah: Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, 2(1), 160-166.
- Zaman, M. B, Santoso, A., Semin, Cahyono, B, (2023), *Aspek Safety pada Perancangan Sistem dan Permesinan di Kapal*, PT Nasya Expanding Management, Pekalongan.

LAMPIRAN

Pemrograman Arduino alat *Transmitter*

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <MQUnifiedsensor.h>

#define placa "Arduino UNO"
#define Voltage_Resolution 5
#define pin A0
#define type "MQ-135"
#define ADC_Bit_Resolution 10
#define RatioMQ135CleanAir 3.6
MQUnifiedsensor MQ135(placa, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution,
pin, type);

#define F2600 A1
#define RL_F2600 7.5
float VRL_F2600;
float Rs_F2600;
float Ro_F2600 = 11.26;
float ratio_F2600;

String send;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Setup MQ135
  MQ135.setRegressionMethod(1);
  MQ135.init();
  Serial.print("Calibrating please wait.");
  float calcR0 = 0;
  for (int i = 1; i <= 10; i++) {
    MQ135.update();
    calcR0 += MQ135.calibrate(RatioMQ135CleanAir);
    Serial.print(".");
  }
  MQ135.setR0(calcR0 / 10);
  Serial.println(" done!");

  if (isinf(calcR0)) {
```

```

    Serial.println("Warning: Conection issue, R0 is infinite (Open
circuit detected) please check your wiring and supply");
    while (1)
        ;
    }
    if (calcR0 == 0) {
        Serial.println("Warning: Conection issue found, R0 is zero
(Analog pin shorts to ground) please check your wiring and supply");
        while (1)
            ;
    }
    Serial.println("*** Values from MQ-135 *****");
    Serial.println("|    CO    | Alcohol
| CO2   | Toluen  | NH4   | Aceton  |");

    while (!Serial)
        ;
    Serial.println("LoRa Transmitter");
    if (!LoRa.begin(433E6)) {
        Serial.println("Starting LoRa failed!");
        while (1)
            ;
    }

    LoRa.setSyncWord(0xF3);
    Serial.println("LoRa Initializing OK!");
}

void loop() {
    MQ135.update();

    MQ135.setA(102.2);
    MQ135.setB(-2.473);
    float mqValue = MQ135.readSensor();

    VRL_F2600 = analogRead(F2600) * (5.0 / 1023.0);
    Rs_F2600 = ((5.0 / VRL_F2600) - 1) * (RL_F2600);
    ratio_F2600 = Rs_F2600 / Ro_F2600;
    float tgsValue = 1.144997421 * pow(ratio_F2600, -0.21687423);

    send = String(mqValue) + ";" + String(tgsValue);
    Serial.println(send);

    // Send Paket ke LoRa Receiver
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(send);

```

```

    LoRa.endPacket();

    delay(1000);
}

// Note MQ-135
/*
    Exponential regression:
    GAS      | a      | b
    CO       | 605.18 | -3.937
    Alcohol  | 77.255 | -3.18
    CO2      | 110.47 | -2.862
    Toluen   | 44.947 | -3.445
    NH4      | 102.2  | -2.473
    Aceton   | 34.668 | -3.369
    https://github.com/miguel5612/MQ SensorsLib/blob/master/examples/MQ-135-ALL/MQ-135-ALL.ino
*/

// Note TGS2600
/*
    float CO_A = 1.144997421;
    float CO_B = -0.21687423;
    float CH4_A = 1.05777824;
    float CH4_B = -0.0795645;
    https://www.hackster.io/256867/atmospheric-air-analyser-c467b1
*/

```

Pemrograman Arduino alat *Receiver*

```

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6YDLSvD6d"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Air Quality"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "SDCZFRncSwX6r5Ww-uJj85GFu9aAD6UE"
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// LCD and Buzzer
#define buzzerPin 17
int gasLimit = 30;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// WiFi
char ssid[] = "Zafran";
char pass[] = "Zhafran123";

// Defining LoRa
#define SS 5
#define RST 14
#define DI00 2

String inString = "";
char input[30];
char* delimiter = ";";
char* output[2];
int outputSize;

String mqValue, tgsValue, tempMqValue, tempTgsValue;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  lcd.begin();

  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  digitalWrite(buzzerPin, LOW);

  while (!Serial)
    ;

```

```

Serial.println("LoRa Receiver");
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("LoRa");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Receiver");

LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);

while (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println(".");
    delay(500);
}

LoRa.setSyncWord(0xF3);
Serial.println("LoRa Initializing OK!");

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Menghubungkan...");
Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Terhubung");
delay(1000);
lcd.clear();
}

void loop() {
    int packetSize = LoRa.parsePacket();

    if (packetSize) {
        while (LoRa.available()) {
            int inChar = LoRa.read();
            inString += (char)inChar;
        }
        LoRa.packetRssi();
    }

    if (inString != "") {
        // Split inString
        inString.toCharArray(input, sizeof(input));
        splitString(input, delimiter, output, &outputSize);
        for (int i = 0; i < outputSize; i++) {
            switch (i) {
                case 0:
                    mqValue = output[0];
            }
        }
    }
}

```

```

        break;
    case 1:
        tgsValue = output[1];
        break;
    default:
        break;
    }
}
// Serial.println(inString);
inString = "";
}

if (mqValue != tempMqValue || tgsValue != tempTgsValue) {

    // LCD Clear
    if (mqValue.length() != tempMqValue.length() ||
    tgsValue.length() != tempTgsValue.length()) {
        lcd.clear();
    }

    Serial.print("MQ Value: ");
    Serial.println(String(mqValue.toDouble() * 100, 0));
    Serial.print("TGS Value: ");
    Serial.println(String(tgsValue.toDouble() / 10-0.0054, 3));
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("CO2: ");
    lcd.print(String(mqValue.toDouble() * 100, 0));
    lcd.print(" ppm");
    tempMqValue = mqValue;
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("NO2: ");
    lcd.print(String(tgsValue.toDouble() / 10-0.0054, 3));
    lcd.print(" ppm");
    tempTgsValue = tgsValue;
}

float accumulative = (mqValue.toFloat() + tgsValue.toFloat()) / 2;
if (accumulative > gasLimit) {
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
} else if (tgsValue.toFloat() >= 1.47) {
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
} else {
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);
}

String mqSendValue = String(mqValue.toDouble() * 100, 0);

```

```
String tgsSendValue = String(tgsValue.toDouble() / 10-0.0054, 3);
Blynk.run();
Blynk.virtualWrite(V0, mqSendValue.toDouble());
Blynk.virtualWrite(V1, tgsSendValue.toDouble());

delay(100);
}

void splitString(char* input, char* delimiter, char* output[], int*
outputSize) {
    char* token = strtok(input, delimiter);
    int index = 0;

    while (token != NULL) {
        output[index] = token;
        index++;
        token = strtok(NULL, delimiter);
    }

    *outputSize = index;
}
```