

Perancangan Sistem Pendeteksi Polusi Udara Di Dalam Kamar Mesin Secara Wireless Menggunakan Sensor MQ135 Dan TGS2106 Berbasis Lora Ra-02

Rizal Tabriez Tsaqiefudin
Politeknik Pelayaran Surabaya

Edi Kurniawan
Politeknik Pelayaran Surabaya

Diana Alia
Politeknik Pelayaran Surabaya

Korespondensi Penulis : tabriezrizal@gmail.com

ABSTRACT. 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 .

ABSTRAK. 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 eksperimen. 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

PENDAHULUAN

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).

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 receiver. Dengan menggunakan perangkat monitor, diharapkan pengguna dapat memantau polusi udara yang terjadi.

TINJAUAN PUSTAKA

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).



Gambar 2. 1 Kamar Mesin Kapal

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

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).

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).

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.



Gambar 2. 2 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/)

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.



Gambar 2. 3 Mikrokontroler ESP32

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

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.



Gambar 2. 4 Mikrokontroler Arduino Uno

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

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

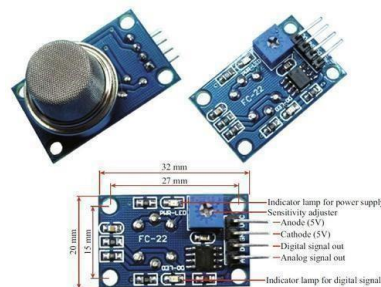


Gambar 2. 5 Sensor TGS2106

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

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).



Gambar 2. 6 Sensor MQ135

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

Liquid Cristal Display (LCD)

LCD adalah sebuah tampilan yang menggunakan *crystal* cair sebagai penampil utama. LCD digunakan pada alat 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 karna sangat memudahkan pembaca untuk memahami dari data atau ke LCD (Lahal, A., & Suharyanto, C. E., 2021).



Gambar 2.7 LCD

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

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).



Gambar 2. 8 Buzzer

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

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).



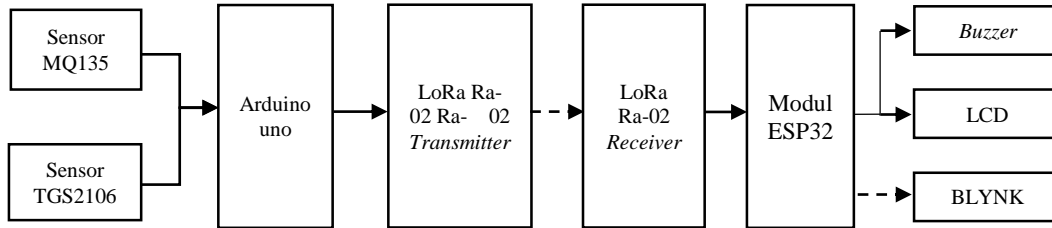
Gambar 2. 9 Antena LoRa Ra-02 model AN868-915A

Sumber : <https://usatcorp.com/shop/multitech-LoRa-Ra-02-antennas/>

METODE PENELITIAN

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)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

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. 1 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. 2 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
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

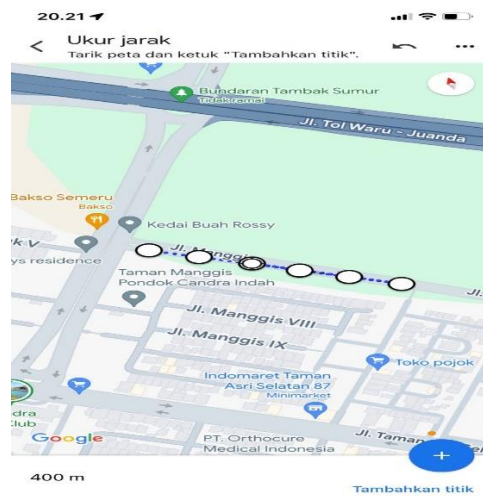
Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

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

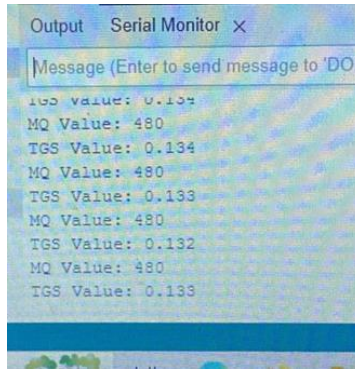
Untuk mendapatkan suatu kehandalan dari sistem monitoring dalam mengirim dan menerima data menggunakan jaringan nirkabel LoRa Ra-02. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan sebuah data dari *transmitter* ke *receiver*. Pengukuran jangkauan jarak komunikasi secara bertahap melalui bantuan aplikasi google 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. 1 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. 2 Tampilan Serial Monitor Transmitter

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)



Gambar 4. 3 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. 3 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. 4 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)

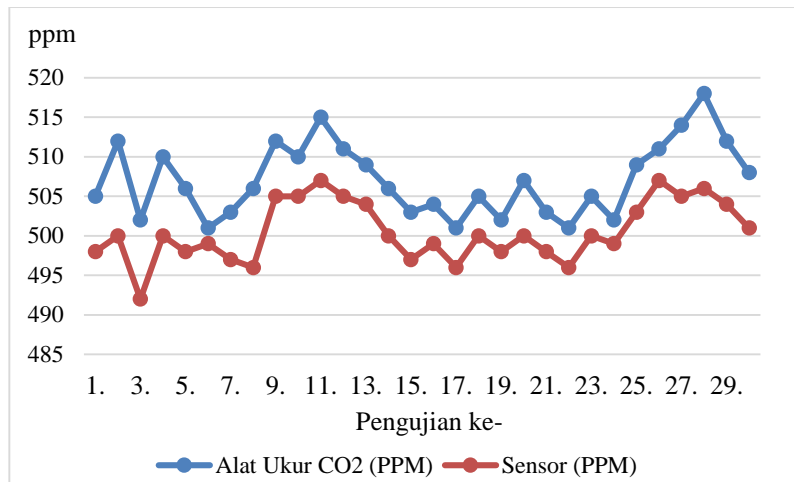
Berdasarkan Tabel 4.4 sistem pengujian komunikasi LoRa Ra-02 dilakukan dengan bertahap. Pengujian pertama dilakukan tanpa penghalang atau *line of sight* atau mulai dari jarak 0 meter sampai 250 meter, namun LoRa Ra-02 *transmitter* tersebut hanya mampu mengirimkan data ke LoRa Ra-02 *receiver* dengan 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 pembentuk 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.

Pembahasan

a. Pembahasan Pengujian Presisi Alat

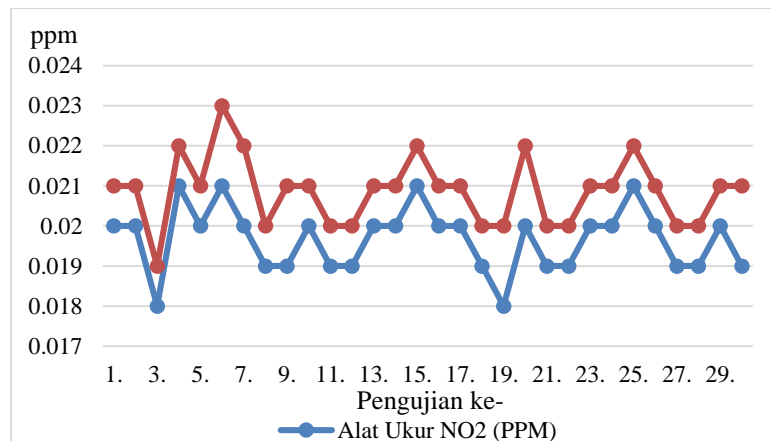
Pengujian presisi alat bertujuan untuk mengetahui keakuratan suatu alat agar alat tersebut dapat membaca suatu nilai gas dengan benar sesuai keadaan lingkungan tersebut. Namun ketika dilakukan perhitungan nilai *error* pada tiap kali percobaan terkadang menghasilkan tingkat nilai *error* yang berbeda 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. 4 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.



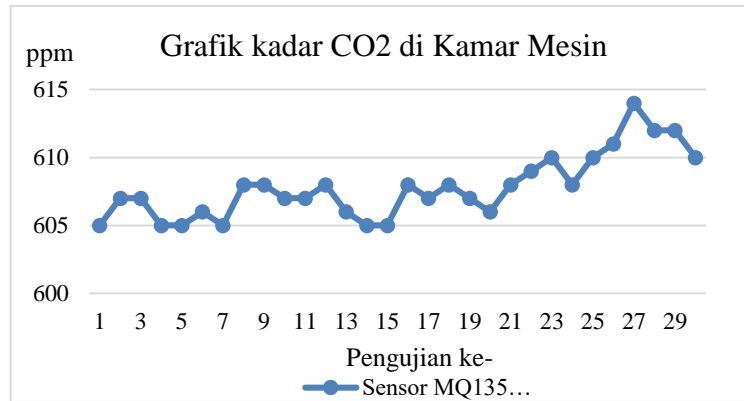
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Pengujian Presisi Alat Pendeteksi Udara dengan Alat Ukur NO2

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%.

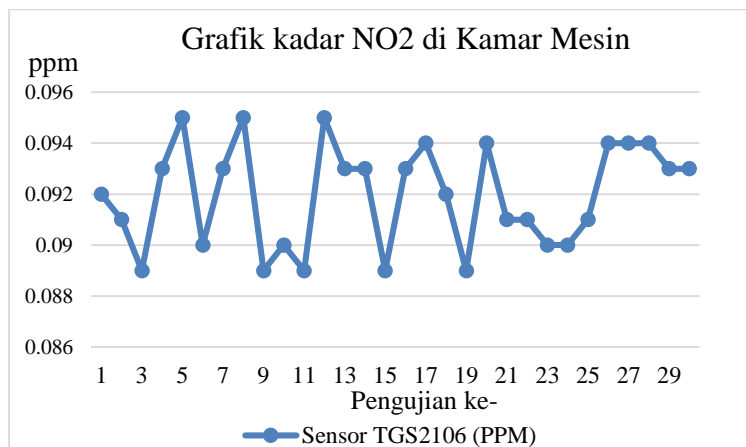
b. Pembahasan Pengujian Alat di Kapal

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. 6 Grafik Nilai Pengujian Alat Pendeteksi Polusi Udara di Kapal

Sumber : Dokumen Pribadi (2024)



Gambar 4. 7 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 kehandalan 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.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

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.

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.

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.

Zaman, M. B., Santoso, A., Semin, & Cahyono, B. (2023). Aspek safety pada perancangan sistem dan permesinan di kapal. *PT Nasya Expanding Management*.