



Rancang Bangun Sistem Monitoring Kebocoran *hydrofluorocarbon* (HFC) pada *Cold Storage System* Berbasis *IoT* di Kapal AHTS

Arjun Widiansyah¹, Sonhaji², Shofa Dai Robbi³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. *This research aims to design and developing a hydrofluorocarbon (HFC) leak monitoring system in the cold storage cooling system on the Anchor Handling Tug Supply (AHTS) ship by utilizing Internet of Things (IoT) technology. HFC leaks in cooling systems can cause environmental hazards and operational inefficiencies. The proposed system integrates sensors and IoT devices to continuously monitor HFC levels, detect leaks in real-time, and provide instant alerts to crew and management. The system architecture includes sensors for HFC detection, a microcontroller for data processing, and a communication module for data transmission to a central monitoring platform. Real-time data can be accessed through a user-friendly interface, enabling timely intervention and maintenance. Initial testing shows that the system is effective in identifying and reporting HFC leaks, potentially reducing environmental impacts and improving the safety and efficiency of cold storage operations on AHTS vessels. Further development and extensive field testing are planned to refine the system and validate its performance across a wide range of operational conditions.*

Keywords: *Air Conditioner; Internet of Things; Monitoring System; MQ -135 sensors.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring kebocoran hidrofluorokarbon (HFC) pada sistem pendingin cold storage di kapal Anchor Handling Tug Supply (AHTS) dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Kebocoran HFC pada sistem pendingin dapat menyebabkan bahaya lingkungan dan ketidakefisienan operasional. Sistem yang diusulkan mengintegrasikan sensor dan perangkat IoT untuk memantau kadar HFC secara terus-menerus, mendeteksi kebocoran secara real-time, dan memberikan peringatan instan kepada awak kapal dan manajemen. Arsitektur sistem mencakup sensor untuk deteksi HFC, mikrokontroler untuk pemrosesan data, dan modul komunikasi untuk transmisi data ke platform monitoring pusat. Data real-time dapat diakses melalui antarmuka yang ramah pengguna, memungkinkan intervensi dan pemeliharaan yang tepat waktu. Pengujian awal menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mengidentifikasi dan melaporkan kebocoran HFC, berpotensi mengurangi dampak lingkungan serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasi cold storage di kapal AHTS. Pengembangan lebih lanjut dan pengujian lapangan yang ekstensif direncanakan untuk menyempurnakan sistem dan memvalidasi kinerjanya di berbagai kondisi operasional.

Kata Kunci: *Air Conditioner; Internet of Things; Sistem Monitoring; Sensor MQ -135.*

1. PENDAHULUAN

Industri pelayaran adalah suatu industri yang luas dan kompleks yang mencakup berbagai kegiatan yang berkaitan dengan transportasi laut, termasuk pengoperasian kapal-kapal, manajemen pelabuhan, serta layanan terkait lainnya. Salah satu peran yang sangat penting pada industri kapal ialah pada sistem pendinginan karena berperan dalam menjaga berbagai sistem dan komponen kapal agar beroperasi dengan efisien dan aman. Sistem pendinginan di kapal memiliki banyak jenis dan menyesuaikan kebutuhan yang ada di kapal.

Salah satu jenis mesin pendingin yang biasa digunakan pada industri pelayaran khususnya industri kapal adalah jenis mesin pendingin *cold storage*. Sistem pendingin *cold storage* memainkan peran krusial dalam industri kapal dengan berbagai fungsi penting untuk

menjaga kesegaran, kualitas, dan keamanan produk selama perjalanan laut. Sistem ini memiliki berbagai manfaat, seperti memperpanjang umur simpan, meningkatkan keamanan pangan, dan mendukung praktik berkelanjutan. Secara khusus pengertian *cold storage* ialah suatu ruangan yang mana di khususkan sebagai ruangan untuk menyimpan barang yang memerlukan suhu dingin, yang didapat dari proses masuknya refrigerant ke kompresor melalui pipa (intake) lalu di dalam kompresor refrigerant berwujud gas hingga bersuhu rendah dan tekanan rendah masuk ke pipa-pipa evaporator, fungsi dari evaporator adalah untuk menyerap udara suhupanas di dalam *cold storage* dan menghembuskannya lagi namun berupa udara dingin.

Singkat penjelasan *cold storage* sudah jelas bagaimana pentingnya *coldstorage* untuk tetap beroperasi di atas kapal secara terus menerus, yang mana berarti kerusakan pada komponen pendingin tidak akan dapat dicegah sampai terjadi kebocoran pada pipa pendingin. Oleh karena itu, diperlukan pemasangan sistem pemantauan atau monitoring kebocoran gas HFC khususnya untuk freon jenis R134A pada kapal,

Berdasarkan penelitian terdahulu Penelitian yang dilakukan oleh Hernawan Rofi Kurnianto dan Wahyu Sapto Aji pada tahun 2021 menemukan bahwa sistem pemantauan gas HFC pada sistem pendingin udara diperlukan karena konsumen tidak mengetahui kondisi gas HFC. Menggunakan sensor MPX5700AP untuk mengukur tekanan gas HFC, data dianalisis oleh Arduino dan ditampilkan pada LCD 16x2. Kebocoran refrigeran dapat menyebabkan ketidakseimbangan kinerja sistem, konsumsi energi yang tinggi, dan biaya perawatan yang tinggi.

Alat pendeteksi kebocoran yang sederhana dan efektif ini mampu memonitor kebocoran refrigeran dan mengirimkan peringatan kepada pengguna Android di kapal, sehingga alat ini menjadi solusi yang sederhana, efisien, dan mudah dipantau dari jarak jauh.

Dari penelitian sebelumnya maka saya ingin mencoba mengembangkan dan merancang alat pendeteksi kebocoran dengan menggunakan sensor MQ-135 yang bekerja ketika terkena gas, diprogram dengan Aplikasi Arduino IDE diproses oleh *Microcontroller* NodeMCU ESP8266 dan mengembangkannya dengan menghubungkan buzzer, lampu *emergency* Led Alarm dan LCD yang digunakan sebagai indikator saat proses mendeteksi selesai atau saat pembacaan eror. Maka penulis mengharapkan Alat ini dapat digunakan untuk mengindikasikan kebocoran refrigerant lebih awal dan efektif agar segera diperbaiki oleh awak kapal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Monitoring

Monitoring adalah kegiatan yang mencakup proses pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi dari suatu proses yang sedang diimplementasikan (Fietri dan Ilham, 2021:25). Secara umum, sistem monitoring adalah layanan yang mengumpulkan dan menganalisis data untuk memaksimalkan seluruh kegiatan yang ada. *Monitoring* juga memberikan informasi tentang proses suatu sistem yang sedang berlangsung, sehingga dapat dijadikan evaluasi untuk perbaikan jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan dan memastikan kelangsungan proses tersebut.

Acuan dalam kegiatan monitoring adalah hasil dari setiap proses. Pelaku monitoring adalah orang-orang yang memiliki kepentingan dalam suatu proses, baik pelaku proses maupun proses dari suatu proyek. Terdapat dua jenis fungsi monitoring yang saling berhubungan: *compliance monitoring* dan *performance monitoring*. *Compliance monitoring* memastikan bahwa suatu proses berjalan sesuai harapan, sedangkan *performance monitoring* menentukan bagaimana kemajuan organisasi dalam mencapai tujuan yang diharapkan (Mercy, 2005).

Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan terobosan baru dalam kemajuan teknologi, memungkinkan manusia mengakses perangkat elektronik tanpa harus bertatap muka. Contohnya, sistem CCTV yang kini dapat diakses melalui *smartphone*, memungkinkan pemilik rumah untuk memantau kondisi rumah mereka bahkan saat berada di luar kota.

IoT adalah konsep di mana objek dapat mentransfer data melalui jaringan yang tersedia tanpa interaksi langsung antara manusia dengan manusia atau manusia dengan perangkat. *IoT* bukan hanya tentang mengendalikan perangkat dari jarak jauh, tetapi juga tentang berbagi data dan memvisualisasikan hal-hal nyata ke dalam bentuk digital. Selain itu, pengguna bertindak sebagai pengatur dan pengawas kerja alat tersebut secara langsung. Manfaat teknologi *IoT* adalah mempercepat, mempermudah, dan meningkatkan efisiensi pekerjaan manusia (Endang, 2018).

Aplikasi Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk iOS dan Android yang memungkinkan kontrol perangkat seperti Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi, dan sejenisnya melalui Internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat keras, menampilkan data sensor, menyimpan data,

visualisasi, dan lainnya. Blynk terdiri dari tiga komponen utama: aplikasi, server, dan pustaka. Server Blynk menangani semua komunikasi antara smartphone dan perangkat keras. Beberapa *widget* yang tersedia di Blynk termasuk *Button*, *Value Display*, *History Graph*, *Twitter*, dan *Email*.

LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah salah satu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil. Seperti yang sering kita lihat, LCD sudah digunakan dalam berbagai perangkat elektronik seperti jam digital, kalkulator, televisi, dan layar laptop atau komputer. LCD cukup populer dan tersedia dalam berbagai ukuran, seperti 8x2, 16x2, 20x2, 20x4, dan banyak lagi.

LCD berfungsi sebagai komponen elektronika untuk menampilkan data output yang biasanya berupa karakter, huruf, atau simbol. Karena ukurannya yang kompatibel, LCD sering dipasangkan dengan mikrokontroler.

NodeMCU ESP8266

Modul NodeMCU ESP8266 adalah sebuah platform sumber terbuka untuk Internet of Things (IoT) dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua. Ini membantu para pengembang dalam menciptakan prototipe produk IoT dengan menggunakan sketch Arduino IDE. NodeMCU ESP8266 merupakan turunan dari keluarga esp8266 yang dioptimalkan untuk kebutuhan IoT. Kit pengembangan ini menggabungkan fungsi GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), I2C, dan ADC (Analog to Digital Converter) dalam satu papan rangkaian. Meskipun memiliki dimensi kecil dengan panjang 4.83 cm dan lebar 2.54 cm, serta bobot hanya 7 gram, NodeMCU dilengkapi dengan kemampuan Wi-Fi dan membutuhkan daya yang rendah untuk beroperasi (Ilham, 2018).

Sensor MQ-135

Sensor asap MQ-135 adalah sensor gas yang pada awalnya memiliki konduktivitas rendah ketika berada di udara bersih. Namun, konduktivitas sensor ini akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas. Untuk mengonversi konsentrasi gas tersebut, sensor ini membutuhkan kalibrasi yang cukup lama, namun,

Keunggulan dari sensor ini meliputi sensitivitas yang tinggi terhadap gas berbahaya seperti Amonia, Sulfida, dan Benzena dalam berbagai konsentrasi, masa pakai yang panjang, serta biaya yang lebih terjangkau.

Cold Storage

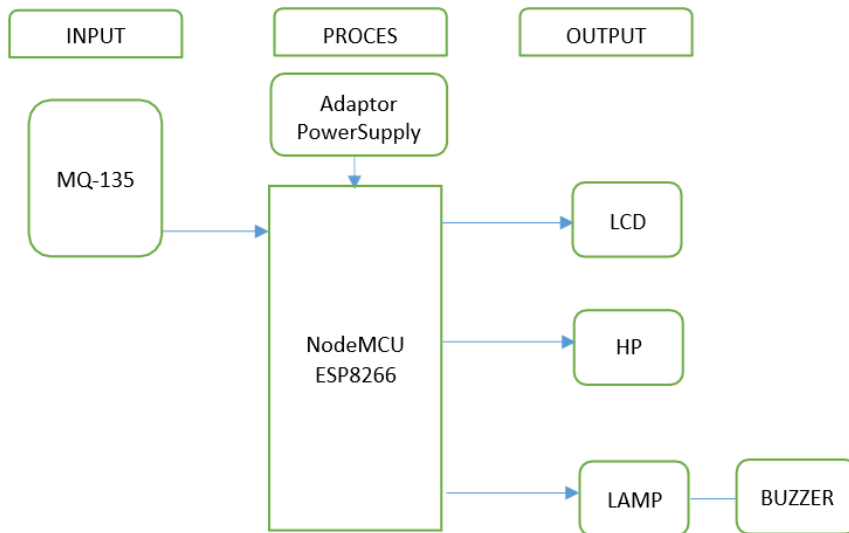
Secara umum, *cold storage* adalah ruangan atau fasilitas penyimpanan yang dirancang khusus dengan suhu rendah untuk menjaga kualitas dan kesegaran produk, terutama makanan dan minuman. Suhu di dalam *cold storage* bisa diatur tergantung jenis produk yang disimpan, biasanya antara -18°C sampai 10°C .

3. METODE PENELITIAN

Perancangan Perangkat Keras

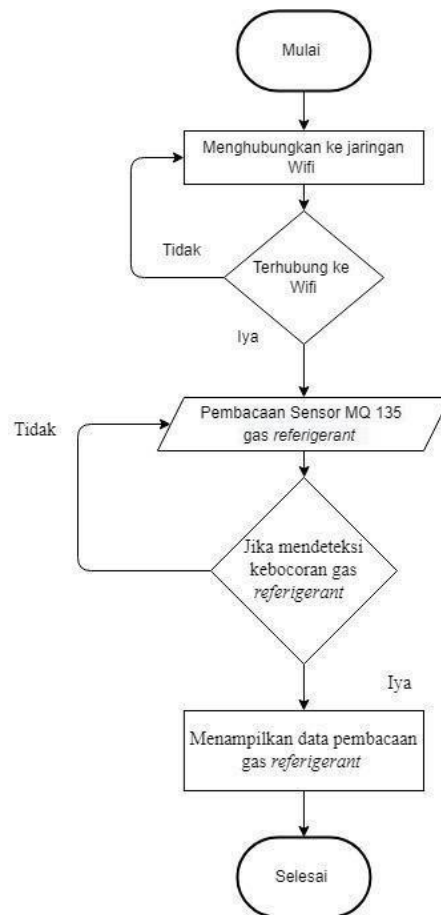
Pada perancangan sistem *monitoring* kebocoran gas HFC ini menggunakan sumber tegangan 220 volt sebagai *input power supply* 5V DC. Pada sistem ini mikrokontroler menggunakan NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengolah data dan mengkomunikasikan data kepada aplikasi *android* pada *smartphone* sebagai output nya[10].

Tabel 1. Blok Diagram Sistem



Perancangan Perangkat Lunak

Pada Perancangan perangkat lunak ini dimulai dengan merancang diagram alur dari alat yang akan dibuat. Berdasarkan diagram alur tersebut, program kemudian dibuat di Arduino IDE dan diunggah ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 agar alat dapat berfungsi. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah C++.



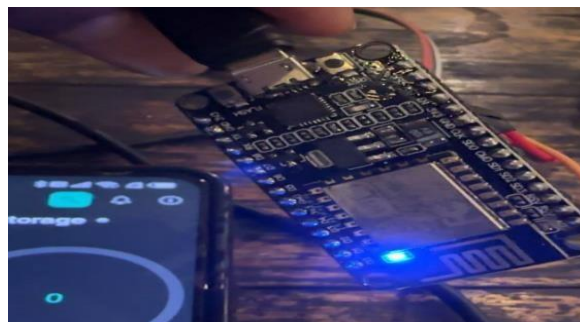
Sumber: Hasil Dokumen Pribadi

Gambar 1. Flowchart Software

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Modul NodeMCU ESP8266

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah Modul ESP8266 bekerja dan berfungsi, baik input Modul ESP8266 yang dihubungkan dengan kabel ke komputer, yang ditandai dengan munculnya indikator pada modul yang menandakan modul ESP8266 telah berfungsi dan connect sebagaimana semsetinya.



Sumber: Hasil dokumentasi

Gambar 2. NodeMCU ESP8266

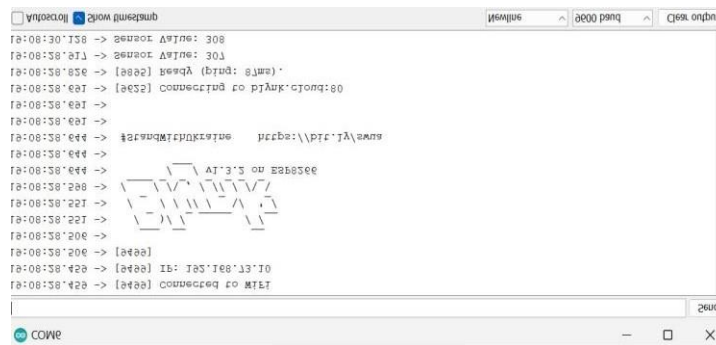
Pengujian Sensor MQ-135

Pengujian pada sensor MQ-135 dilakukan untuk mengetahui sertamemastikan bahwa sensor bekerja dengan baik sebagaimana semestinya. Sensor MQ-135 ini berfungsi untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya. Untuk Pengujian ini kita coba dengan menggunakan jenis gas HFC dari tabung R134A, untuk mengetahui bahwa sensor mendeteksi adanya gas dapat dilihat dari serial data program dari sensor.



Sumber: Hasil dokumentasi

Gambar 3. pengujian Sensor MQ-135

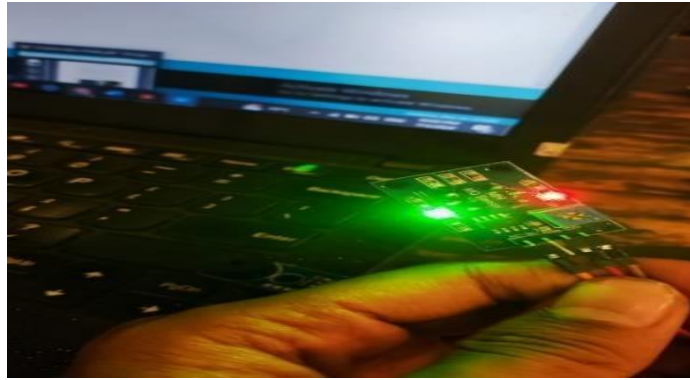


Sumber: Hasil dokumentasi

Gambar 4. Serial Data Monitor Sensor MQ-135

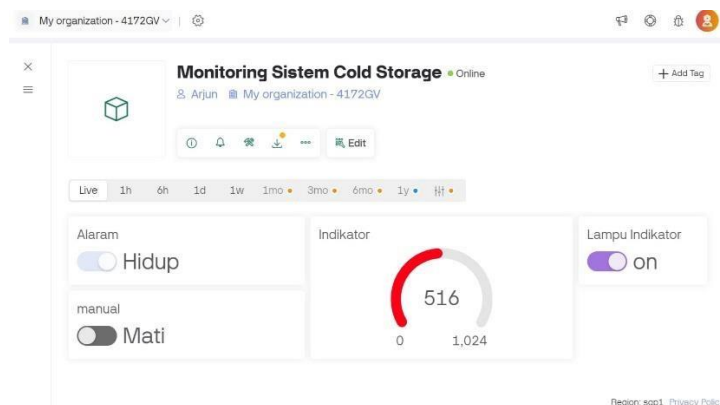
Pengujian Buzzer sensor

Pada pengujian buzzer ini dilakukan untuk mengetahui fungsi atau tidaknya ketika buzzer dihubungkan dengan ESP8266. Pengujian dilakukanketika program sudah dibuat dan di olah oleh ESP8266 pada saat sensor MQ-135 mendeteksi adanya gas dan buzzer otomatis berbunyi yang menandakan buzzer aktif dan berfungsi dengan baik.



Sumber: Hasil Dokumentasi

Gambar 5. Pengujian Buzzer

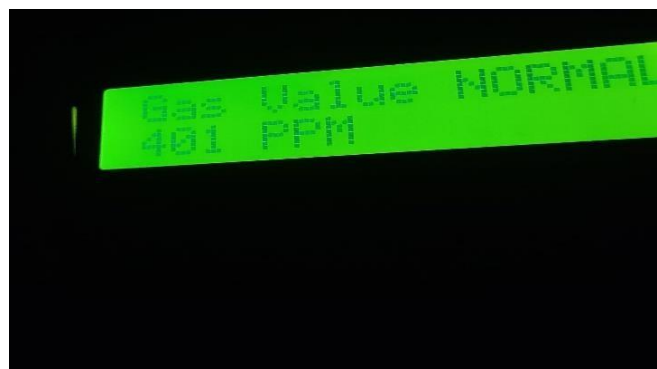


Sumber: Hasil Dokumentasi

Gambar 6. Web Blynk Alarm/Buzzer hidup

Pengujian LCD I2C 16x2

Pengujian LCD dilakukan untuk mengetahui apakah display LCD berfungsi dengan baik saat dihubungkan dengan ESP8266. ditandai dengan informasi berupa nilai ataupun berupa kalimat yang ada pada display LCD, Untuk pengujian LCD ini dibutuhkan kabel jumper yang sesuai dengan pinyang diperlukan.



Sumber: Hasil Dokumentasi

Gambar 7. Pengujian LCD I2C

Penyajian Data



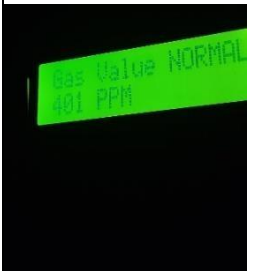

Pengambilan serta pengujian tiap komponen diatas ditujukan untuk memastikan bahwa alat sudah sesuai dengan fungsi dan peran nya sehingga tahap selanjutnya penulis dapat melakukan pengambilan data untuk mengetahui ketepatan dan hasil dari keseluruhan sensor hingga pada sistem Apk Blynk di *smartphone*.






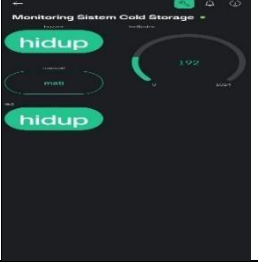
Tabel 2. Pemetaan sumber daya

NO	KOMPONEN	SUMBER TEGANGAN
1	Power Adaptor Supply 12v 3A	220Volt Pln
2	NodeMCU ESP8266	Power Adaptor Supply 12v 3A
3	Sensor MQ-135	Power Adaptor Supply 12v 3A
4	Buzzer	Power Adaptor Supply 12v 3A
5	Lampu Indikator	Power Adaptor Supply 12v 3A
6	LCD	Power Adaptor Supply 12v 3A

Pemetaan sumber daya ini ditujukan sebagai tahap awal untuk memahami alur sumber AC hingga ke DC dari tiap komponen yang dibuat oleh penulis.

Tabel 3. Pengujian Keseluruhan Alat

NO	TAMPILAN KADAR GAS		BUZZER	LAMPU
	LCD	HP		
1			BUNYI	NYALA
2			MATI	MATI
3			MATI	MATI

NO	TAMPILAN KADAR GAS		BUZZER	LAMPU
	LCD	HP		
				
4			MATI	MATI
5			BUNYI	NYALA

Pada tabel pengujian di atas menunjukkan data berupa tampilan kadar Gas yang ada pada layar LCD, Apk Blynk di Hp serta reaksi pada Buzzer dan lampu indikator. Untuk kadar gas saya ambil dari besar/kecil nilai dari zat Carbon dengan satuan ppm, baik saat Gas Value di kondisi normal, saat ruangan sistem *cold storage* terjadi kebocoran Gas HFC R134A maupun ada gas lain dengan zat yang berbeda seperti asap ataupun *benzene*. dan nilai yang didapat menunjukkan pada saat ruangan dalam keadaan udara normal tanpa ada kebocoran gas HFC nilai kadar Carbon menunjukkan di angka 290-490ppm baik pada tampilan LCD maupun tampilan pada Apk Blynk di Hp, ketika ruangan sistem *Cold Storage* terjadi kebocoran gas oleh HFC R134A nilai kadar Carbondi angka 290ppm kebawah pada LCD dan Apk Blynk di Hp yang menimbulkan alarm aktif dari buzzer dan lampu indicator.

Tabel 4. Kalibrasi

NO	KALIBRASI KADAR GAS	NILAI PPM
1	Hfc	100-290ppm
2	Benzena	500ppm
3	Asap/Co2	520ppm

Sedangkan untuk mengetahui angka pasti kadar dari zat lain seperti asap dan benzene maka diperlukannya kalibrasi pada sensor dan didapatkan hasil nilai seperti pada tabel diatas. dimana hasil pada tabel diatas ketika ruangan sistem cold storage terdapat gas atau zat lain maka nilai menunjukkan di angka 500ppm keatas tanpa adanya Alarm, sedangkan untuk gas HFC menunjukkan di angka 100-290ppm yang memicu Alarm aktif dari Buzzer dan Lampu yang dapat dimonitor melalui Apk Blynk Hp, Sehingga Crew Kapal dapat untuk segera melakukan tindakan.

Analisis Data

Dari data yang telah disajikan diatas, penulis melakukan analisis untuk mengevaluasi kinerja sistem pada komponen yang telah dibuat. Hasil analisis menunjukkan bahwa melakukan kalibrasi dan *heating* pada sensor MQ-135 menjadi bagian penting untuk dapat menentukan kadar gas Carbon dalam satuan ppm, baik saat keadaan ruangan udara normal, saat terjadinya kebocoran pada sistem karna Gas HFC R134A maupun saat ada gas atau zat lain seperti asap ataupun *benzene*

Pengujian pada sensor MQ-135 ini menunjukkan data ketika mendeteksi Gas Value Normal di angka 290-490ppm, ketika terdeteksi adanya kebocoran gas HFC R134A menunjukkan di angka 100-290ppm dan saat terdeteksi gas atau zat lain seperti asap ataupun benzene menunjukkan di angka 500ppm keatas, dimana pada data angka ketiganya tersebut cenderung naik dan turun namun tetap pada angka minimum dan maksimum, sedangkan yang menimbulkan Buzzer dan Lampu indikator menyala hanya ketika ada gas HFC R134A di angka 100-290ppm. yang dapat dipantau data *logic* nya melalui LCD maupun Apk blynk sebagai peringatan dini dan tindakan lebih awal untuk menangani kebocoran pada sistem *Cold Storage* lebih cepat.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan pada karya tulis skripsi ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Rancang Bangun sistem Monitoring Kebocoran *Hydrofluorocarbon* (Hfc) R134a Pada *Cold Storage System* Berbasis *Iot* Di Kapal Ahts ini diperoleh bahwa komponen yang dirancang dapat berjalan dengan normal sesuai dengan sistem yang telah dirancang dalam bentuk prototipe.

- 2) Sistem Monitoring kebocoran HFC R134A ini secara ringkas dapat dilakukan dengan cara melakukan tes *heating* pada sensor MQ-135 terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai pada udara normal di ruangan sistem prototipe, setelah mendapatkan nilai pasti maka dapat dilakukan uji coba dengan memberikan gas HFC sesuai dengan yang diangkat pada judul dengan tabung R134A, setelah itu akan terlihat data angka untuk udara normal yang sudah tercampur dengan gas R134A. yang menunjukkan angka dibawah dari nilai ppm udara normal dalam ruangan sistem *prototype Cold Storage* yang manadata dan angka *logic* tersebut dapat dilihat dengan LCD yang ada pada alat maupun melalui Hp yang telah terintegrasi dengan sistem *IoT*.

Saran

Berdasarkan hasil uji coba pada pembuatan produk ini sudah dapat berjalan dengan baik. Namun sistem ini masih memiliki banyak potensi untuk dikembangkan lagi. Pengembangan berikutnya yang dapat dilakukan oleh peneliti lain antara lain.

- 1) Untuk penelitian kedepannya dapat memilih jenis sensor MQ yang lebih sesuai dan dikhususkan untuk mendeteksi kebocoran Gas khususnya gas Berjenis HFC ini, agar mempermudah proses kalibrasi dan hasil data yang bisa lebih akurat.
- 2) Untuk kedepannya dapat mempertimbangkan menambahkan sistem kontrol motor servo untuk disimulasikan saat ketika terjadi kebocoran gas khususnya Gas HFC yang dapat secara otomatis membuka bagian ventilasi ruangan di sistem *cold storage* ataupun otomasi untuk membukapintu ruangan sistem *cold storage* ketika saat terjadi kebocoran gas itu sendiri.

REFERENSI

- A. Marina, H. K. Ilman, F. Febi, A. E. Muhammad, and I. Muhammad, “*Studi Perbandingan Platform Internet of Things (IoT) untuk Smart Home Kontrol Lampu Menggunakan NodeMCU dengan Aplikasi Web Thingspeak dan Blynk*,” J. Fidel., vol. 2, no. 1, pp. 59–78, 2020. (12 Juni 2024)
- D. Aziz, “*Webserver Based Smart Monitoring System Using ESP8266 Node MCU Module*,” Int. J. Sci. Eng. Res., vol. 9, no. 6, p. 801, 2018. (25 Desember 2023)
- H. R. Kurnianto and W. S. Aji, “*Sistem Monitoring Gas Chloro Fluro Carbon (CFC) Pada Air Conditioner (AC) Dengan Menggunakan Arduino Dan Sensor MPX5700AP*,” Just TI (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi), vol. 13, no. 1, p. 22, 2021, doi: 10.46964/justti.v13i1.619. (09 November 2023)

- M. Arif Hanur, “*Rancang Bangun Alat Pemutus KWH Meter Sebagai Proteksi Berbasis Arduino,*” p. 54, 2016. (08 Mei 2024)
- M. Faisal Zagita, “*Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Pengendali Kualitas Udara Diruang MI (Manual Insert) PT. Smart Meter,*” J. Teknol. Elektro, vol. 12, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.004. (12 Maret 2024)
- M. S. Aliredjo, Y. A. Nugraha, and I. B. Rahardja, “*Design of Refrigerant Leak Detector on Arduino Uno –Based Refrigeration System,*” 2020. (14 November 2023)