

SKRIPSI

**ALAT DETEKSI POLUSI UDARA DALAM RUANGAN
TERTUTUP BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

***INTERNET OF THINGS (IOT) BASED INDOOR CLOSED AIR
POLLUTION DETECTION DEVICE***

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Di Susun Oleh:

**SUKMAWATI
D0218343**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**ALAT DETEKSI POLUSI UDARA DALAM RUANGAN TERTUTUP
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

**SUKMAWATI
D0218343**

Telah dipertahankan di depan Tim penguji
Pada tanggal 08 Mei 2025

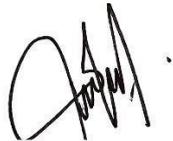
Susunan Tim Penguji

Pembimbing I



Indra, S.Kom., M.M.
NIP :19790731202411003

Pembimbing II



Nurdina Rasjid, S.Pd., M.Pd.
NIP:19870203202412022

Penguji I



Muh Fahmi Rustan, S.Kom., M.T.
NIP: 199112272019031010

Penguji II



Dian Megah Sari, S.Kom., M.Kom.
NIP: 198405192019032007

Penguji III



Wawan Firgiawan, S.T., M.Kom.
NIDK: 8948080023

LEMBAR PENGESAHAN

ALAT DETEKSI POLUSI UDARA DALAM RUANGAN TERTUTUP BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

SUKMAWATI
D0218343

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada Tanggal 08 Mei 2025

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Indra, S.Kom., M.M
NIP : 198702032024212022

Pembimbing II

Nurdina Rasjid, S.Pd., M.Pd
NIP: 199304252022032011

Dekan Fakultas Teknik,
Universitas Sulawesi Barat



Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T
NIP: 196404051990032002

Ketua Program Studi
Informatika,



Muh. Rafli Rasvid, S.Kom., M.T
NIP: 198808182022031006

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya ataupun pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi. Apabilah ternyata dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (**UU No. Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70**).

Majene, 08 Mei 2025



SUKMAWATI

D0218343

ABSTRAK

Sukmawati. Usulan Alat Deteksi Polusi Udara Dalam Ruangan Tertutup Berbasis *Internet Of Things* (Iot).(Dibimbing oleh **Indra** dan **Nurdina Rasjid**).

Menghadapi tantangan serius akibat serangan Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan implementasi sistem deteksi polusi udara dalam ruangan tertutup menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk memantau dan mendeteksi berbagai parameter kualitas udara secara real-time menggunakan tiga sensor utama yaitu MQ-135 untuk gas berbahaya, MQ-2 untuk gas mudah terbakar dan asap, serta DHT-22 untuk pengukuran suhu dan kelembaban. NodeMCU digunakan sebagai kontroler utama yang mengintegrasikan seluruh komponen dengan platform IoT. Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan kinerja yang optimal dengan waktu respons rata-rata 0,9 detik untuk sensor MQ-135 dan 0,75 detik untuk sensor MQ-2. Sistem klasifikasi kualitas udara diimplementasikan dengan empat kategori: udara baik (<900 ppm), tidak sehat (901-1050 ppm), sangat tidak sehat (1051-1250 ppm), dan berbahaya (>1251 ppm). Fitur notifikasi otomatis melalui platform Telegram berhasil memberikan peringatan real-time kepada pengguna ketika kondisi udara terdeteksi tidak aman. Implementasi teknologi IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh dan penyimpanan data historis untuk analisis tren kualitas udara. Sistem ini menyediakan solusi pemantauan kualitas udara yang efektif, efisien, dan dapat diandalkan untuk lingkungan ruangan tertutup.

Kata kunci: Polusi Udara, Internet of Things, Sensor Gas, Pemantauan Real-Time, Kualitas Udara Dalam Ruangan

ABSTRACT

Sukmawati. *Proposal for Indoor Air Pollution Detection Device Based on Internet of Things (IoT). (Supervised by **Indra and Nurdina Rasjid**).*

serious challenges due to attacks This research focuses on the development and implementation of an indoor air pollution detection system using Internet of Things (IoT) technology. This system is designed to monitor and detect various air quality parameters in real-time using three main sensors, namely MQ-135 for hazardous gases, MQ-2 for flammable gases and smoke, and DHT-22 for temperature and humidity measurements. NodeMCU is used as the main controller that integrates all components with the IoT platform. Based on the test results, the system showed optimal performance with an average response time of 0.9 seconds for the MQ-135 sensor and 0.75 seconds for the MQ-2 sensor. The air quality classification system is implemented with four categories: good air (<900 ppm), unhealthy (901-1050 ppm), very unhealthy (1051-1250 ppm), and hazardous (>1251 ppm). The automatic notification feature via the Telegram platform successfully provides real-time alerts to users when air conditions are detected as unsafe. The implementation of IoT technology allows remote monitoring and storage of historical data for air quality trend analysis. This system provides an effective, efficient, and reliable air quality monitoring solution for indoor environments.

Key words: *Air Pollution, Internet of Things, Gas Sensor, Real-Time Monitoring, Indoor Air Quality*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap kualitas lingkungan hidup semakin meningkat, terutama seiring dengan kesadaran akan dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh polusi udara. Polusi udara merupakan kondisi dimana udara terkontaminasi oleh zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Kontaminan ini dapat berupa partikel padat (debu, asap), gas (karbon monoksida, nitrogen dioksida, sulfur dioksida), senyawa organik volatil (VOC), dan mikroorganisme yang tersuspensi di udara (Denanta Bayuguna Perteka et al., 2020).

Sementara isu polusi udara luar sering kali menjadi sorotan utama, polusi udara dalam ruangan tidak kalah pentingnya. Kualitas udara yang buruk di dalam ruangan dapat berdampak langsung pada kesehatan penghuninya, terutama ketika sirkulasi udara yang kurang optimal memperburuk penumpukan polutan (Indanazulfa Qurrota A'yun & Umaroh, 2023).

Polusi udara dalam ruangan telah menjadi masalah yang semakin mendesak dalam beberapa dekade terakhir. Menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO), kualitas udara dalam ruangan dapat jauh lebih buruk daripada kualitas udara di luar ruangan, terutama di daerah perkotaan (Ghifari et al., 2021). Faktanya, studi menunjukkan bahwa konsentrasi polutan dalam ruangan bisa 2-5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan luar ruangan, dan dalam beberapa kasus ekstrem dapat mencapai 100 kali lipat. Hal ini disebabkan oleh ruang tertutup yang menjebak polutan dan memungkinkan akumulasi dalam jangka waktu yang lebih lama, sementara di luar ruangan, polutan lebih mudah terdispersi oleh angin dan faktor alam lainnya.

Sumber polusi dalam ruangan meliputi asap rokok, bahan kimia dari produk rumah tangga, gas radon, formaldehida dari furnitur, serta gas dan partikel yang dihasilkan dari proses memasak dan pemanasan. Kondisi ini diperparah oleh desain bangunan modern yang seringkali lebih kedap udara untuk efisiensi energi, sehingga memperburuk sirkulasi udara dan meningkatkan konsentrasi polutan

(Buana & Harahap, 2022).

Masalah ini berpotensi menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi penghuni bangunan. Paparan jangka panjang terhadap polutan dalam ruangan seperti PM2.5, formaldehida, dan senyawa organik volatil (VOC) telah dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit pernapasan, gangguan kardiovaskular, dan bahkan kanker. Di banyak negara berkembang, pengawasan kualitas udara dalam ruangan masih minim, sehingga banyak kasus gangguan kesehatan akibat polusi udara yang tidak terdeteksi dan tidak ditangani dengan baik.

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan perkotaan Kota Majene, khususnya pada di kamar kos atau di ruangan tertutup yang kurang memiliki ventilasi udara. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tingginya aktivitas manusia dan penggunaan peralatan elektronik yang berpotensi menghasilkan polutan, serta karakteristik bangunan modern yang cenderung rapat untuk efisiensi energi.

Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam memantau kualitas udara dalam ruangan menawarkan solusi inovatif untuk masalah ini. IoT memungkinkan berbagai perangkat untuk terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet, memfasilitasi pengumpulan dan analisis data secara real-time. Dalam konteks deteksi polusi udara, sensor yang terhubung melalui IoT dapat mengukur berbagai parameter kualitas udara seperti konsentrasi gas berbahaya (CO₂, CO, NO₂), partikel debu, suhu, dan kelembaban. Data ini kemudian dapat diakses secara instan melalui perangkat seperti *smartphone* atau komputer (Abidin & Hasibuan, 2019).

Untuk memahami seberapa tercemar ruangan tertutup oleh polusi udara, perhitungan sederhana dapat dilakukan dengan mengukur konsentrasi polutan dalam satuan ppm (*parts per million*) atau $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sebagai contoh, jika konsentrasi CO₂ di dalam ruangan mencapai 1000 ppm, hal ini menunjukkan bahwa kualitas udara sudah tidak sehat bagi penghuni. Sensor IoT yang terpasang dapat memberikan peringatan ketika nilai ini tercapai, serta memicu sistem ventilasi untuk menurunkan konsentrasi polutan ke tingkat yang lebih aman.

Solusi yang ditawarkan oleh perangkat deteksi polusi udara berbasis IoT tidak hanya memberikan informasi terkini tentang kondisi udara dalam ruangan, tetapi

juga dapat diintegrasikan dengan sistem kontrol otomatis. Misalnya, ketika konsentrasi polutan mencapai tingkat yang berbahaya, sistem ini dapat secara otomatis mengaktifkan ventilasi atau pembersih udara untuk mengurangi polusi. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan tetapi juga kesehatan penghuni bangunan, mengurangi risiko penyakit pernapasan dan gangguan kesehatan lainnya yang disebabkan oleh polusi udara (Hadyanto & Amrullah, 2022).

Oleh karena itu, teknologi IoT menawarkan peluang besar untuk mengatasi tantangan kualitas udara dalam ruangan. Kualitas udara yang buruk di dalam ruangan dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti gangguan pernapasan, alergi, hingga penyakit kronis lainnya. Alat deteksi polusi udara dalam ruangan berbasis IoT sangat penting karena dapat memantau secara real-time konsentrasi polutan seperti partikel debu, gas berbahaya, dan zat kimia lainnya. Dengan adanya sistem ini, penghuni ruangan dapat segera mengambil tindakan pencegahan saat kualitas udara menurun. Alat ini terdiri dari sensor-sensor seperti sensor gas, sensor debu, serta modul komunikasi untuk mengirimkan data ke perangkat yang terkoneksi dengan internet. Melalui penelitian dan pengembangan yang tepat, alat ini dapat menjadi solusi efektif dan efisien untuk meningkatkan kualitas hidup dan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat diketahui rumusan masalah yaitu bagaimana hasil perancangan alat deteksi polusi udara dalam ruangan tertutup berbasis *internet of things* (IoT)?

C. Batasan Masalah

Terdapat beberapa Batasan masalah dalam pelaksanaan proyek akhir ini, antara lain sebagai berikut:

1. Batasan Teknologi: Penelitian ini hanya mencakup penggunaan sensor dan teknologi IoT yang saat ini tersedia dan dapat diakses untuk deteksi polusi udara. Teknologi yang lebih baru atau inovatif mungkin tidak dipertimbangkan.
2. Lingkup Ruang: Fokus penelitian ini terbatas pada ruangan dalam ruangan tertutup seperti diruangan kamar yang tidak memiliki ventilasi udara dan tidak mencakup area luar ruangan atau fasilitas industri.
3. Jenis polusi udara: penelitian ini akan berfokus pada parameter polusi udara seperti CO₂, PM_{2.5}, PM₁₀, dan VOC, dan tidak mencakup jenis polusi udara lainnya yang mungkin relevan dalam konteks lainnya.
4. Pembuatan sistem ini bersifat *prototype*.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat hasil perancangan alat deteksi polusi udara berbasis *internet of things* (IoT) yang dapat memantau kualitas udara secara real-time dan memberikan data yang akurat.

E. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan Kualitas Udara Dalam Ruangan: Menyediakan solusi teknologi yang dapat membantu menjaga kualitas udara di lingkungan dalam ruangan, yang berdampak positif pada kesehatan dan kenyamanan penghuni.
2. Peningkatan Kesadaran: Memberikan informasi yang jelas dan akurat tentang kondisi kualitas udara, yang dapat meningkatkan kesadaran dan tindakan preventif terhadap polusi udara dalam ruangan.
3. Inovasi Teknologi: Menyediakan kontribusi terhadap pengembangan teknologi IoT dalam aplikasi deteksi lingkungan, yang dapat digunakan .

BAB II

DASAR TEORI

A. Karbondioksida (CO₂)

Saat kita bernapas, CO₂ merupakan produk sampingan yang dikeluarkan tubuh. Gas ini juga diproduksi oleh tumbuhan yang membusuk atau saat bahan bakar fosil dibakar. Kadar CO₂ yang tinggi terkadang dapat ditemukan di permukaan tanah akibat perubahan kimia pada batuan dasar atau pembusukan (Husamah & Rahardjanto, 2019) .

Peran utama CO₂ adalah membantu atmosfer Bumi menahan panas. Tanpa CO₂, Bumi akan menjadi sangat dingin. Namun, peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer juga dapat menyebabkan peningkatan suhu rata-rata Bumi, yang akan memengaruhi aspek lain dari iklim planet ini (Supiyandi et al., 2023).

Paparan karbon dioksida yang berlebihan dapat berdampak buruk pada tubuh manusia. Dampak tersebut meliputi koma, hipoksia, kejang, berkeringat, kelelahan, sakit kepala, pusing, gelisah, kesemutan, dan kesulitan bernapas. Durasi, intensitas, dan cara paparan bahan kimia baik tertelan, terhirup, atau tersentuh semuanya merupakan pertimbangan penting (Endra et al., 2019).

Berikut adalah konsentrasi karbondioksida di udara dan potensi masalah kesehatan yang dapat ditimbulkan (Satria et al., 2023):

1. Konsentrasi karbondioksida yang umum di udara luar ruangan adalah 400 ppm.
2. Konsentrasi karbondioksida di ruangan dengan pertukaran udara yang efisien adalah 400-1.000 ppm.
3. Konsentrasi karbondioksida yang dapat menyebabkan udara yang buruk dan kantuk berkisar antara 1.000-2.000 ppm.
4. Konsentrasi karbondioksida yang menyebabkan pengap, kantuk, menyesakkan, udara yang tersumbat, bahkan dapat menyebabkan gangguan fokus, peningkatan denyut nadi, dan mual ringan berkisar antara 2.000-5.000 ppm.
5. Kualitas udara yang buruk dapat menyebabkan kekurangan oksigen atau

keracunan pada 5.000 ppm.

6. Tahapan terakhir, yang bisa sangat berbahaya, berkisar pada 40.000 ppm dan dapat menyebabkan kekurangan oksigen.

Paparan CO₂ tingkat tinggi dapat berbahaya. Paparan tersebut dapat menyebabkan hiperkapnia, atau keracunan CO₂, yang bermanifestasi sebagai mual, muntah, pusing, napas cepat, dan peningkatan denyut jantung.

B. Sistem Monitoring CO₂

Sistem pemantauan adalah sistem yang dibuat untuk mengumpulkan, memproses, dan mengevaluasi data yang diambil dari suatu proses baik secara terus-menerus maupun secara berkala. Sistem ini merupakan bagian dari sistem otomasi, yang menghilangkan kebutuhan akan pemantauan manual dengan menjalankan alat secara otomatis (Supiyandi et al., 2023).

Salah satu cara untuk menentukan atau melacak jumlah CO₂ di udara adalah melalui perangkat pemantauan CO₂. Sejumlah penelitian telah menggunakan teknologi ini, termasuk yang berjudul "Desain Alat Pemantauan Karbon Dioksida (CO₂) di Ruang Berbasis Arduino" yang dilakukan oleh para peneliti (Dasrul Chaniago, Annisa Zahara, 2020). Dengan menggunakan koneksi wifi NodeMCU ke perangkat Android, sensor MQ-135, sensor DHT-11, motor servo untuk membuka jendela secara otomatis, dan LED untuk menunjukkan naik atau turunnya kadar CO₂ dan suhu ruangan, penelitian ini menciptakan alat berbasis Arduino untuk memantau CO₂ dalam ruangan. Informasi mengenai kadar CO₂ yang diukur ditampilkan pada LCD, dan LED masih digunakan untuk menunjukkan naiknya CO₂. Tampilan dasbor tidak dapat diakses jika koneksi wifi terputus karena utilitas ini masih memerlukannya (Rachman et al., 2021).

CO₂ adalah gas rumah kaca yang secara alami terdapat pada atmosfer dan juga dihasilkan dari aktivitas manusia seperti pernafasan, pembakaran bahan bakar fosil, fermentasi, dan proses industri tapi jika kadarnya terlalu tinggi, dapat menyebabkan gangguan pada Kesehatan.

C. Pengontrolan dan Monitoring CO2 Menggunakan IoT

Agar berbagai hal dapat saling bertukar dan mengomunikasikan informasi tentang diri mereka sendiri dan lingkungan sekitar, *Internet of Things* adalah jaringan yang menghubungkan semuanya menggunakan alamat IP dan identitas. Definisi internet telah berevolusi dari komputasi di mana saja dan kapan saja menjadi komputasi apa saja dan siapa saja berkat kemampuan ini. Barang-barang IoT dapat digunakan, dikembangkan, dan bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama (Abidin & Hasibuan, 2019).

Sistem monitoring dirancang untuk mengumpulkan, mengolah, dan menilai data dari suatu proses baik secara real time maupun secara berkala. Sistem pengendalian dan monitoring CO2 ini menggunakan server *Node-Red* yang dapat diakses dari mana saja dan kapan saja untuk memudahkan pemantauan jumlah CO2 di udara dalam ruang tertutup. Karena *Node-Red* sering digunakan dalam aplikasi *Internet of Things* untuk mengotomatisasi proses dan mengatur pengolahan data secara berkala dan real time, maka *Node-Red* digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini.

Penggunaannya sangat mudah karena menghilangkan kebutuhan coding manual dengan menggunakan bahasa pemrograman visual seperti *Flow*. Kecepatan putaran kipas dan nilai kadar CO2 yang terdapat di udara akan ditampilkan pada menu display di dashboard *Node-Red*. Selain dapat diakses melalui PC, monitoring ini juga dapat diakses menggunakan *smartphone* yang terhubung dengan internet.

D. Komunikasi Modbus

Agar berbagai hal dapat saling bertukar dan mengomunikasikan informasi tentang diri mereka sendiri dan lingkungan sekitar, *Internet of Things* adalah jaringan yang menghubungkan semuanya menggunakan alamat IP dan identitas. Definisi internet telah berevolusi dari komputasi di mana saja dan kapan saja menjadi komputasi apa saja dan siapa saja berkat kemampuan ini. Barang-barang IoT dapat digunakan, dikembangkan, dan bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama (Endra et al., 2019).

Sistem monitoring dirancang untuk mengumpulkan, mengolah, dan menilai data dari suatu proses baik secara real time maupun secara berkala. Sistem pengendalian dan monitoring CO₂ ini menggunakan server *Node-Red* yang dapat diakses dari mana saja dan kapan saja untuk memudahkan pemantauan jumlah CO₂ di udara dalam ruang tertutup. Karena *Node-Red* sering digunakan dalam aplikasi Internet of Things untuk mengotomatisasi proses dan mengatur pengolahan data secara berkala dan real time, maka *Node-Red* digunakan dalam pembuatan proyek akhir ini.

Node-Red sangat mudah digunakan karena menghilangkan kebutuhan pengkodean manual dengan menggunakan bahasa pemrograman visual seperti Flow. Kecepatan putaran kipas dan nilai kadar CO₂ yang ditemukan di udara akan ditampilkan dalam menu tampilan di dasbor *Node-Red*. Monitoring ini tidak hanya tersedia melalui PC tetapi juga melalui telepon pintar, dengan syarat telepon pintar tersebut terhubung dengan internet.

E. NodeMCU

Chip teknologi 40 nm yang dilengkapi WiFi dan Bluetooth 2,4 GHz, ESP32 dibuat untuk daya dan performa radio yang optimal serta menunjukkan kekokohan, kemampuan beradaptasi, dan keandalan di berbagai aplikasi dan situasi daya (Th Lengkon et al., 2022). Dengan kemampuan mode ganda WiFi dan Bluetooth, modul mikrokontroler ESP32 membantu pelanggan membangun berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis Internet of Things (IoT). Sebagai penerus ESP8266, mikrokontroler ESP32 dirilis oleh Espressif System dan menawarkan sejumlah kemampuan dan manfaat lebih dari pendahulunya. Dengan inti CPU, Wi-Fi yang lebih cepat, GPIO tambahan, kemampuan Bluetooth 4.2, dan konsumsi baterai yang rendah, ESP32 merupakan pilihan yang tepat untuk berbagai aplikasi elektronik berbasis *Internet of Things*. Gambar tersebut menggambarkan bentuk fisik Modul ESP32.



Gambar 2. 1 ESP-32 CAM

F. Sensor MQ-2

LPG, butana, metana, dan asap semuanya dapat dideteksi menggunakan sensor gas MQ-2. Sensor ini biasanya digunakan untuk mendeteksi keberadaan perokok dan menemukan kebocoran gas LPG. Ketika gas-gas ini bersentuhan dengan zat sensitif di sensor ini, resistansinya akan berubah. Keberadaan gas-gas ini kemudian ditemukan menggunakan fluktuasi nilai resistansi ini.

Dengan resistansi 5 k Ω dan tegangan 5 V DC, sensor gas MQ-2 dapat mendeteksi konsentrasi antara 300 dan 10.000 ppm. Meskipun sensor ini merespons dengan cepat (10 detik), ia membutuhkan 20–30 detik untuk beroperasi dengan stabil. Kisaran suhu pengoperasian untuk sensor ini adalah -20°C hingga 50°C. Sensor ini menggunakan keluaran analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler sebagai keluarannya. Menurut pengujian yang dilakukan (Sohibun, Daruwati, Hatika, & Mardiansyah, 2021), kesalahan pembacaan sensor MQ-2 dalam pengaturan ruangan yang berbeda kurang dari 10%. Hanya tiga dari empat pin pada sensor ini yang digunakan, khususnya:

- a. Pin 1: VCC.
- b. Pin 2: GND.
- c. Pin 3: A0, pin ini terhubung ke pin 34 mikrokontroler ESP-32 CAM



Gambar 2. 2 Sensor MQ-2

G. Sensor MQ-135

Perubahan nilai resistansi analog pada pin output-nya merupakan hasil deteksi kualitas udara, dan sensor MQ-135 merupakan sensor gas yang dapat mengidentifikasi senyawa atau kadar gas berbahaya yang dapat mempengaruhi kualitas udara dan mengganggu pernapasan manusia. Sensor MQ-135 memiliki empat pin, yaitu:

- a. Pin 1 = Vcc (+5Volt)
- b. Pin 2 = Ground
- c. Pin 3 = Digital Out
- d. Pin 4 = Analog out



Gambar 2. 3 Sensor MQ-135

Salah satu jenis sensor kimia yang dapat mendeteksi NH₃, NO_x, alkohol, benzol, asap (CO), CO₂, dan zat lainnya adalah sensor MQ135. Saat terkena gas, sensor ini mendeteksi perubahan nilai resistansi (analog). Karena kepraktisannya

dan konsumsi daya yang rendah, sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk digunakan sebagai penanda bahaya polusi. Nilai resistansi MQ-135, yang berubah tergantung pada konsentrasi gas, mengendalikan penyesuaian sensitivitas sensor. Gas diukur dalam bagian per juta, atau ppm. Selain itu, Anda harus terlebih dahulu memahami grafik R_s/R_o terhadap ppm dari lembar data MQ-135 untuk mengkalibrasi nilai pembacaan sensor ke ppm (satuan gas).

Tabel 2. 1 Karakteristik Sensor MQ-135

No	Bagian MQ-135	Detail
1	Sumber Tegangan	5 Volt
2	Deteksi Gas	Benzena, Amonia (NH ₃), Smoke, Karbon Dioksida (CO ₂), Nitrogen Oksida (NO _x), Alkohol, dan lain-lain
3	Tingkat Pengukuran	10–100 PPM Benzena, 10–300 PPM Amonia, 10–300 PPM Alkohol, dan lain-lain
4	Keluaran	Analog

H. Sensor DHT 22

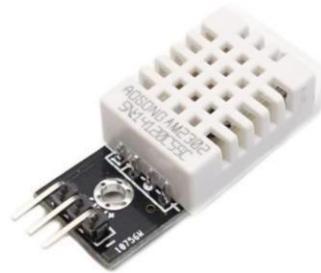
Sensor DHT [26] merupakan termistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) yang berfungsi sebagai pengukur suhu dan kelembapan serta sensor kelembapan yang tahan terhadap perubahan kadar uap air di udara. Sensor DHT 22 memiliki tingkat presisi yang sangat tinggi dengan tingkat akurasi $\pm 0,5$ derajat Celsius untuk suhu dan 2–5% untuk kelembapan relatif. Suhu yang terukur dapat berkisar antara -40 hingga 80 derajat Celsius. Keakuratan sensor dan kelayakannya untuk diuji pada berbagai perangkat dibuktikan dengan pengujian yang dilakukan oleh Sihombing dan Listiari (2020) yang menunjukkan bahwa kesalahan pembacaan sensor tidak lebih dari 5%. Sensor ini memiliki arus operasi sekitar 2,5 mA saat pengukuran aktif dan 40–50 μ A saat dalam mode siaga. Rentang tegangan sensor ini adalah 3,3 V hingga 6 V.

Data digital yang diperoleh melalui pin 2 adalah keluaran sensor DHT 22. Sensor DHT 22 mengirimkan lima bit data 40-bit. 16 bit digunakan untuk mengodekan byte 1-2 untuk kelembapan dan kelembapan dalam persentase. Byte 3–4 dikodekan 16-bit dan digunakan untuk suhu. Saat menghitung suhu, nilai 1 menunjukkan suhu negatif, sedangkan nilai 0 menunjukkan suhu positif. Nilai data

suhu dan kelembapan pertama-tama diubah dari biner ke desimal. Untuk mendapatkan keluaran suhu dan kelembapan yang dapat dilihat di layar pemantauan, data diubah ke desimal dan kemudian dimasukkan ke dalam algoritma di bawah ini.

Sensor DHT 22 memiliki 3 pin yang dihubungkan, yaitu:

- a. Pin 1: VCC
- b. Pin 2: Out, pin ini terhubung ke pin 14 mikrokontroler ESP32
- c. Pin 3: GND



Gambar 2. 4 Sensor DHT 22

I. Buzzer

Kelompok komponen elektronika transduser meliputi buzzer, yang mampu mengubah sinyal listrik menjadi getaran yang menghasilkan suara. Komponen ini sering disebut sebagai beeper.

Komponen ini biasanya digunakan dalam rangkaian alarm pada jam, bel pintu, perangkat peringatan bahaya, dan gawai lain dalam kehidupan sehari-hari. Jenis piezoelektrik adalah yang sering terlihat di pasaran. Jenis ini mudah digunakan dalam rangkaian elektronika karena manfaatnya, termasuk biaya yang relatif rendah.

J. Telegram

Telegram adalah aplikasi pengiriman pesan instan yang berjalan di awan dan mengutamakan keamanan dan kecepatan. Tujuan Telegram adalah untuk memfasilitasi pertukaran pesan teks, audio, video, gambar, dan stiker yang aman antar pengguna. Selain aman, Telegram menyediakan cara yang cepat dan mudah untuk berbagi pesan. Aplikasi Telegram dibuat oleh perusahaan Rusia Telegram FZ LLC dan Telegram Messenger Inc. Aplikasi ini dirilis pada tahun 2013. Seperti yang disebutkan sebelumnya, aplikasi Telegram adalah aplikasi berbasis awan. Artinya, pengguna dapat dengan mudah mengakses satu akun Telegram dari banyak perangkat secara bersamaan.



Gambar 2. 5 Telegram

K. Penelitian Terkait

Tabel 2. 2 Penelitian Terkait

No	Judul Penelitian	Penulis, Tahun, Jurnal	Perbedaan	Persamaan
1	Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruang Berbasis Internet of Things	(Budianto & Sumanto, 2024)	Menggunakan sensor GP2Y1014AU 0F untuk deteksi debu, sementara penelitian sekarang mungkin menggunakan sensor lain atau tidak menyertakan deteksi debu	Sama-sama menggunakan sensor MQ-135 dan mengembangkan sistem berbasis IoT untuk monitoring kualitas udara
2	Alat Deteksi Polusi Udara Dalam Ruang Berbasis Internet of Things (IoT)	(Sari & Waliyuddin, 2021)	Data ditampilkan pada aplikasi mobile; penelitian sekarang mungkin menggunakan metode tampilan data yang berbeda	Sama-sama menggunakan sensor MQ-135 dan bertujuan untuk mendeteksi polusi udara dalam ruangan berbasis IoT
3	Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet of Things (IoT)	(Hasanuddin & Herdianto, 2023)	Menggunakan sensor BME280 untuk mendeteksi tekanan udara; penelitian sekarang mungkin tidak menyertakan deteksi tekanan udara	Menggunakan sensor MQ-135 dan mengirimkan data ke cloud untuk ditampilkan pada dashboard web
4	Sistem Notifikasi Monitoring Kualitas	(Hasyim & Suharjo, 2024)	Menggunakan sensor PM2.5 untuk deteksi partikulat	Sama-sama menggunakan sensor MQ-135 dan

	Udara Dalam Ruang Produksi Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Esp8266		halus; penelitian sekarang mungkin menggunakan sensor lain	mengembangkan sistem berbasis IoT untuk pemantauan kualitas udara
5	Alat Deteksi Polusi Udara Dalam Ruang Berbasis Arduino dan NodeMCU	I Gede Ngurah Ari Yudha Pratama, dkk. 2020 Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Udayana	Menggunakan Arduino dan NodeMCU sebagai mikrokontroler utama; penelitian sekarang mungkin menggunakan mikrokontroler lain	Sama-sama menggunakan sensor MQ-135 dan mengirimkan data ke cloud untuk ditampilkan pada aplikasi mobile
6	Prototipe Monitoring dan Kontrol Kualitas Udara pada Ruang Operasi Berbasis Internet of Things (IoT).	(Diana Rahmawati et al., 2024)	Fokus pada implementasi di rumah sakit; penelitian sekarang mungkin fokus pada aplikasi umum atau lokasi berbeda	Sama-sama menggunakan sensor MQ-135 dan mengembangkan sistem berbasis IoT untuk monitoring kualitas udara
7	Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Kualitas Udara berbasis IoT menggunakan Wemos D1 Mini dan Android.	(A D. Prakoso & T. Wellem, 2022)	Menggunakan sensor MQ-2 untuk deteksi tambahan gas beracun; penelitian sekarang mungkin menggunakan sensor berbeda	Sama-sama menggunakan sensor MQ-135 dan mengembangkan sistem berbasis IoT untuk pemantauan kualitas udara

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada sistem deteksi polusi udara dalam ruangan tertutup berbasis Internet of Things (IoT), dapat ditarik beberapa kesimpulan. Sistem yang dikembangkan telah berhasil mengintegrasikan tiga sensor utama yaitu MQ-135, MQ-2, dan DHT-22 dengan platform IoT melalui NodeMCU sebagai kontroler utama. Sistem menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam mendeteksi berbagai parameter kualitas udara, dengan tingkat akurasi dan waktu respons yang memenuhi kebutuhan pemantauan real-time. Jika sensor MQ-135 dan sensor MQ-2 <750-900 ppm maka akan dikatakan udara baik dan buzzer tidak akan berbunyi, jika sensor MQ-135 dan sensor MQ-2 901-1050 ppm maka akan dinyatakan udara tidak sehat, jika sensor MQ-135 dan sensor MQ-2 1051-1250 ppm maka akan dinyatakan udara sangat tidak sehat, jika sensor MQ-135 dan sensor MQ-2 >1251 ppm maka akan dinyatakan udara berbahaya, dan jika udara dalam keadaan tidak sehat, sangat berbahaya dan berbahaya maka buzzer akan berbunyi lalu menampilkan status berbahaya di telegram.

Sensor MQ-135 berhasil mendeteksi gas-gas berbahaya dengan waktu respons rata-rata 0.9 detik, sementara sensor MQ-2 mampu mendeteksi gas mudah terbakar dan asap dalam waktu rata-rata 0.75 detik. Sensor DHT-22 memberikan pengukuran suhu dan kelembaban yang sangat akurat. Sistem notifikasi melalui platform IoT dan Telegram berfungsi dengan baik, memberikan peringatan real-time kepada pengguna ketika terdeteksi kondisi udara yang tidak aman.

Implementasi teknologi IoT dalam sistem ini terbukti efektif dalam memberikan kemudahan pemantauan jarak jauh dan penyimpanan data historis untuk analisis tren kualitas udara. Dengan demikian, sistem ini berhasil mencapai tujuannya dalam menyediakan solusi pemantauan kualitas udara yang efektif, efisien, dan dapat diandalkan untuk ruangan tertutup.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan sistem deteksi polusi udara berbasis IoT ini, beberapa saran dapat diberikan untuk pengembangan dan implementasi sistem di masa mendatang:

1. Penambahan sistem backup power supply seperti UPS atau baterai cadangan untuk menjaga kontinuitas kerja sistem saat terjadi pemadaman listrik.
2. Implementasi sistem backup internet atau dual-connection untuk mengatasi masalah ketergantungan pada koneksi internet tunggal.
3. Pengembangan aplikasi mobile khusus yang lebih komprehensif untuk memudahkan monitoring dan kontrol sistem.
4. Integrasi dengan sistem ventilasi otomatis untuk memberikan respon aktif terhadap kondisi udara yang tidak aman.
5. Penambahan fitur *machine learning* untuk analisis prediktif kualitas udara berdasarkan data historis yang terkumpul.
6. Peningkatan sistem keamanan data untuk melindungi informasi sensitif yang dikumpulkan oleh sistem.
7. Perluasan jangkauan sensor dengan menambahkan node sensor tambahan untuk area yang lebih luas.
8. Pengembangan sistem kalibrasi otomatis untuk mempertahankan akurasi sensor dalam jangka panjang.

Dengan mempertimbangkan saran-saran tersebut, diharapkan pengembangan sistem di masa depan dapat menghasilkan solusi pemantauan kualitas udara yang lebih komprehensif dan handal.

DAFTAR PUSTAKA

- A D. Prakoso, & T. Wellem. (2022). Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Kualitas Udara berbasis IoT menggunakan Wemos D1 Mini dan Android. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 1246–1254.
- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Pengaruh dampak pencemaran udara terhadap kesehatan untuk menambah pemahaman masyarakat awam tentang bahaya dari polusi udara. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau IV*, 5(4), 1–7.
- Buana, I., & Harahap, D. A. (2022). Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok. *AVERROUS: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Malikussaleh*, 8(1), 1.
<https://doi.org/10.29103/averrous.v8i1.7088>
- Budianto, H., & Sumanto, B. (2024). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, Dan Elektronika Terapan*, 5(1), 9.
<https://doi.org/10.22146/juliet.v5i1.87423>
- Dasrul Chaniago, Annisa Zahara, I. S. R. (2020). Portal Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara Ditjen Ppkl Kllhk. In *Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*.
- Denanta Bayuguna Perteka, P., Piarsa, I. N., & Wibawa, K. S. (2020). Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 197. <https://doi.org/10.24843/jim.2020.v08.i03.p05>
- Diana Rahmawati, Deni Tri Laksono, Felix Konstantin Niel Basori, Riza Alfita, & Heri Setiawan. (2024). Prototipe Monitoring dan Kontrol Kualitas Udara pada Ruang Operasi Berbasis Internet of Things (IoT). *JE-Unisla*, 9(1), 8–21.
<https://doi.org/10.30736/je-unisla.v9i1.1157>
- Endra, R. Y., Cucus, A., Affandi, F. N., & Hermawan, D. (2019). Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Web Pada Smart Room Dengan Menggunakan

- Konsep Internet of Things. *Explore: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika*, 10(2). <https://doi.org/10.36448/jsit.v10i2.1316>
- Ghifari, J., W, I. G. P. W. W., & Mardiansyah, A. Z. (2021). Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Pengawasan dan Penyiraman Otomatis pada Budidaya Cacing Tanah dengan Protokol MQTT. In *Jtika* (Vol. 3, Issue 2, pp. 167–175).
- Hadyanto, T., & Amrullah, M. F. (2022). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Kandang Anak Ayam Broiler Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 3(2). <https://doi.org/10.33365/jtst.v3i2.2179>
- Hasanuddin, M., & Herdianto, H. (2023). Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IOT). *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(4), 976–984. <https://doi.org/10.47065/josyc.v4i4.4034>
- Hasyim, F., & Suharjo, I. (2024). Sistem Notifikasi Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Produksi Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Esp8266. *Jurnal Ilmiah Komputer Grafis*, 17(1), 149-158.
- Husamah, & Rahardjanto, A. (2019). *Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring): Vol. 1. UMMPres* (p. 188 hlm).
- Indanazulfa Qurrota A'yun, & Umaroh, R. (2023). Polusi Udara dalam Ruangan dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 23(1), 16–26. <https://doi.org/10.21002/jepi.2022.02>
- Rachman, T., Purnomo, I. I., & Ridho, I. I. (2021). Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Lingkungan Perumahan Berbasis Iot Dengan Nodemcu. In *Jurnal Teknologi* (Vol. 06, Issue 03). Universitas Islam Kalimantan MAB.
- Sari, Y., & Waliyuddin, A. (2021). Alat Deteksi Polusi Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things (Iot). *Tekinfor: Jurnal Bidang Teknik Industri Dan Teknik Informatika*, 22(2), 120–134. <https://doi.org/10.37817/tekinfor.v22i2.1768>
- Satria, B., Alam, H., & Rahmaniar. (2023). Desain Alat Ukur Pencemaran Udara

Portabel Berbasis Sensor Mq-135 Dan Mq-7. *Escaf*, 2(1), 1278–1285.

Supiyandi, S., Rizal, C., Iqbal, M., Siregar, M. N. H., & Eka, M. (2023). Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT) Dalam Mengendalikan dan Monitoring Keamanan Rumah. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 4(4), 1302–1307. <https://doi.org/10.47065/josh.v4i4.3822>

Th Lengkong, J. K., Najoan, M. E., & Kambey, F. D. (2022). Longsor Berbasis Internet Of Things. In *Jurnal Teknik Informatika*.