

Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet of Things (IOT)

Muhammad Hasanuddin*, Herdianto

Sains dan Teknologi, Sistem Komputer, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Email: ^{1,*}muhammadhasan20feb@gmail.com, ²herdianto0108047703@gmail.com

Correspondence Author Email: muhammadhasan20feb@gmail.com

Submitted: 06/08/2023; Accepted: 28/08/2023; Published: 29/08/2023

Abstrak—Masalah pencemaran lingkungan sudah menjadi perhatian sejak lama dan terus menjadi isu penting hingga saat ini. Salah satu bentuk pencemaran yang sangat merugikan adalah pencemaran udara, yang menyebabkan penurunan kualitas udara dan mengganggu fungsi normalnya. Dengan Skala ISPU biasanya terdiri dari beberapa kategori yang menggambarkan tingkat kualitas udara, seperti rentang 1-50 dikatakan "Baik", rentang 51-100 dikatakan "Sedang", rentang 101-200 dikatakan "Tidak Sehat", rentang 201-300 dikatakan "Sangat Tidak Sehat", dan rentang 301+ dikatakan "Berbahaya". Untuk memantau tingkat pencemaran udara, diperlukan penggunaan alat yang dapat mengukur kualitas udara secara akurat. Polusi dalam ruangan, seperti yang sering terjadi di lingkungan kantor, merupakan salah satu ancaman serius bagi kesehatan masyarakat modern. Seorang pekerja bisa menghabiskan waktu hingga delapan jam sehari di dalam ruangan tersebut. Udara yang dihirup sehari-hari berasal dari sistem saluran udara gedung. Namun, sistem saluran udara ini tidak hanya mengalirkan udara, tetapi juga dapat menyebarkan kontaminan dari satu ruangan ke ruangan lainnya. Oleh karena itu, penting untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan kerja demi kenyamanan dan kesehatan para pekerja, karena hal ini berdampak langsung pada produktivitas mereka. Berdasarkan hal tersebut, muncul ide untuk mengembangkan prototipe pendeteksi gas karbon monoksida yang peka terhadap pencemaran udara dalam ruangan menggunakan mikrokontroler dan berbasis web. Penelitian ini dimulai dengan melakukan analisis dan perancangan sistem, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Setelah itu, langkah berikutnya melibatkan pengcodangan dan konfigurasi pemrograman dan pengaturan pada web Thingspeak. Tahap terakhir adalah pengujian alat dan sistem untuk memastikan bahwa keduanya beroperasi sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Sistem ini dirancang untuk dapat mendeteksi dan memantau tingkat pencemaran udara, serta memberikan tampilan berupa grafik yang berada di Thingspeak. Alat ini bekerja dengan menggunakan mikrokontroler untuk membaca sensor MQ-135 yang terpasang pada Arduino wemos ESP8266. Arduino wemos merupakan sebuah mikrokontroler yang sering di gunakan untuk perangkat Internet Of Things atau yang biasa di sebut dengan IoT, Dan Sensor MQ-135 ini digunakan untuk mendeteksi adanya gas atau alcohol yang berada di sekitar sensor. Dan Arduino akan mengukur dan membaca kadar gas yang ada di dalam ruangan yang telah ditentukan sebelumnya. Alat akan terhubung ke hotspot Wi-Fi pada perangkat Android untuk memberikan notifikasi melalui Thingspeak berdasarkan grafik.

Kata Kunci: Pencemaran Udara; IoT (Internet of Things); Arduino Wemos; MQ-135; Thingspeak

Abstract—The problem of environmental pollution has been a concern for a long time and continues to be an important issue today. One form of pollution that is very detrimental is air pollution, which causes a decrease in air quality and disrupts its normal function. The ISPU Scale usually consists of several categories that describe the level of air quality, such as the range 1-50 is said to be "Good", the range 51-100 is said to be "Moderate", the range 101-200 is said to be "Unhealthy", the range 201-300 is said to be "Very Unhealthy", and a range of 301+ is said to be "Dangerous". To monitor the level of air pollution, it is necessary to use a tool that can measure air quality accurately. Indoor pollution, as is often the case in office environments, is one of the most serious threats to the health of modern society. A worker can spend up to eight hours a day in the room. The air we breathe everyday comes from the building's air duct system. However, these duct systems not only circulate air, they can also spread contaminants from one room to another. Therefore, it is important to maintain indoor air quality for the comfort and health of workers, because this has a direct impact on their productivity. Based on this, an idea emerged to develop a prototype detector of carbon monoxide gas that is sensitive to indoor air pollution using a microcontroller and web-based. This research begins with analyzing and designing the system, both in terms of hardware and software. After that, the next step involves coding and programming configuration and setup on the Thingspeak web. The last stage is testing tools and systems to ensure that they operate according to the plan that has been set. This system is designed to be able to detect and monitor the level of air pollution, as well as provide a graphical display on Thingspeak. This tool works by using a microcontroller to read the MQ-135 sensor attached to the Arduino Wemos ESP8266. Arduino Wemos is a microcontroller that is often used for Internet of Things devices or what is commonly called IoT, and the MQ-135 sensor is used to detect the presence of gas or alcohol around the sensor. And Arduino will measure and read the gas levels in the predetermined room. Tool will

Keywords: Air pollution; IoT (Internet of Things); Arduino Wemos; MQ-135; Thingspeak

1. PENDAHULUAN

Besarnya dampak buruk yang diakibatkan polusi udara ini mengharuskan adanya tingkat perhatian khusus dalam pengendaliannya dari berbagai pihak mulai dari pemerintah maupun masyarakat [1]. Salah satu bentuk pengendaliannya adalah dengan mudahnya mengakses informasi mengenai kualitas udara yang harus disediakan oleh pemerintah melalui Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang dipantau melalui *Air Quality Monitoring Station* (AQMS). Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), Setiap tahun polusi udara bertanggung jawab atas hamper tujuh juta kematian di seluruh dunia, Sembilan dari sepuluh saat ini menghirup udara yang melebihi batas [2]. Pencemaran udara merupakan kombinasi dari berbagai zat kimia, partikel padat,

dan gas yang dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan [3]. Partikel-partikel berbahaya ini dapat berasal dari sumber alami seperti letusan gunung berapi dan kebakaran hutan, serta sumber antropogenik seperti kendaraan bermotor, pabrik, dan pembangkit listrik [4]. Kualitas udara yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk gangguan pernapasan, iritasi mata, alergi, hingga penyakit paru-paru kronis dan bahkan kematian dini [5]. Selain itu, pencemaran udara juga berkontribusi pada perubahan iklim global melalui efek rumah kaca dan pemanasan global [6]. Udara memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Setiap makhluk hidup membutuhkan udara sehat untuk hidup secara optimal, sehingga udara merupakan sumber daya alam yang perlu dilindungi demi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya [7]. Oleh karena itu, udara merupakan komponen lingkungan yang sangat penting kehidupan makhluk hidup [8], sehingga harus dijaga kualitasnya. Untuk mendapatkan udara yang sesuai dengan tingkat kualitas yang diinginkan, Salah satu cara untuk melihat dan mendapa udara yang optimal adalah dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) [9].

Penggunaan suatu teknologi IoT dalam sistem monitoring dan deteksi dini pencemaran udara menawarkan sejumlah keuntungan yang luar biasa [10]. Pertama, teknologi ini memungkinkan pengumpulan data secara real-time dan kontinu dari berbagai titik di wilayah tertentu. Dengan demikian, kita dapat memahami dinamika pencemaran udara dengan lebih baik dan mendapatkan gambaran yang lebih akurat tentang pola polusi yang mungkin terjadi [11]. Kedua, data yang diperoleh dari sistem IoT ini dapat diakses dengan mudah dan dibagikan kepada masyarakat luas melalui platform online, sehingga memungkinkan kesadaran publik tentang kualitas udara dan potensi risiko yang terkait. Kesadaran ini penting untuk mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam upaya mengurangi polusi udara.

Internet of Things (IoT) adalah istilah yang baru-baru ini banyak ditemukan tetapi hanya sedikit yang mengerti arti istilah ini [12]. Internet of Things secara umum dapat diartikan sebagai benda di sekitar kita yang dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Internet of Things memiliki konsep memperluas manfaat yang terhubung dalam koneksi internet terus menerus [13]. IoT merupakan konsep di mana objek atau perangkat di sekitar kita dapat saling terhubung dan bertukar informasi melalui jaringan internet[14]. Dalam konteks mendapatkan udara yang sehat, IoT dapat digunakan untuk mengembangkan sistem pendeteksi udara yang bersih secara efisien dan akurat. Dalam perancangan model simulasi sistem ini, perangkat yang digunakan berupa modul mikrokontroler Arduino wemos, sensor MQ-135, LED, buzzer, kipas, dan relay [15]. Sistem pendeteksi dini pencemaran udara berbasis IoT dapat menggunakan sensor MQ-135, Sensor MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa NH₃, NO_x, alkohol, benzol, asap (CO), CO₂, dan lain-lain [16]. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila ter kena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar.

Sensor MQ-135 dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi dengan menggunakan mikrokontroler wemos mengumpulkan data dari sensor yang terpasang [17]. Sensor ini akan mendeteksi udara dan kemudian dapat dikirim ke smartphone melalui koneksi internet dan akan terbaca oleh sensor ke platform IoT Thingspeak yang merekam data logging dalam bentuk grafik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memantau, menganalisis kualitas udara berdasarkan CO₂ di mikrokontroler udara menggunakan arduino wemos [18]. Arduino wemos adalah perangkat IoT (internet of Things) yang dapat bertindak sebagai publisher [19]. Publisher akan mengalirkan data ke server dan subscriber akan menunjukkan data dan menghitung kesalahan dan waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan semua data. Subscriber dalam perangkat ini adalah smartphone. Sistem yang dibangun dalam implementasinya diharapkan bisa bermanfaat untuk meningkatkan kesadaran mengenai pentingnya kualitas udara yang sehat didalam ruangan. Sistem ini dapat digunakan untuk bangunan dengan ruangan tertutup seperti di dalam rumah, ruangan sekolah, ruangan kantor, atau ruangan bangunan lainnya [20]. Bersama-sama, dengan kesadaran dan upaya kolaboratif dari pemerintah, industri, dan masyarakat, sistem monitoring dan deteksi dini pencemaran udara berbasis IoT dapat menjadi sarana yang efektif untuk menjaga udara kita tetap bersih dan sehat. Dengan memanfaatkan teknologi terkini dan memperkuat sistem monitoring yang ada, kita dapat melangkah menuju masa depan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan pendekatan pemecahan masalah untuk *Deteksi Dini pencemaran Udara berbasis Internet of Things* (IoT), penting untuk melibatkan ruangan dan mempertimbangkan udara yang ada di dalam ruangan. Penggunaan teknologi IoT yang cerdas dan efektif dapat memberikan kenyamanan dan udara yang lebih baik dalam kehidupan, dan dapat mengoptimalkan udara yang dihirup sehari-hari.



Gambar 1. Kerangka Tahapan Penelitian

Pendekatan pemecahan masalah untuk *Deteksi Dini pencemaran Udara berbasis Internet of Things (IoT)* dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. **Identifikasi Permasalahan:** Identifikasi masalah terkait pencemaran udara dan pentingnya deteksi dini. Jelaskan dampak negatif yang ditimbulkan oleh pencemaran udara terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Analisis kebutuhan: Analisis kebutuhan penghuni rumah dan rumah itu sendiri. Hal ini meliputi ukuran rumah, jumlah perangkat yang diperlukan, dan ketersediaan jaringan internet.
- b. **Tinjauan Pustaka:** Lakukan studi literatur untuk memahami konsep dasar IoT, sensor pencemaran udara yang tersedia, metode pemantauan kualitas udara, dan pendekatan pemecahan masalah yang telah diusulkan sebelumnya dalam domain ini.
- c. **Pengembangan Prototipe:** Implementasikan sistem berdasarkan desain yang telah dibuat. Sertakan penggunaan mikrokontroler atau platform IoT seperti Arduino atau Raspberry Pi, sensor pencemaran udara yang sesuai, dan modul komunikasi untuk menghubungkan dengan internet.
- d. **Pengujian dan Validasi:** Lakukan uji coba untuk memastikan sistem dapat mengukur dengan akurat tingkat pencemaran udara. Bandingkan hasil pengukuran dengan standar kualitas udara yang ditetapkan dan validasikan kehandalan sistem.

2.2. Indeks Standard Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks Standard Pencemaran Udara (ISPU) adalah sistem pengukuran yang digunakan untuk mengukur tingkat kualitas udara di suatu daerah atau wilayah. ISPU menggambarkan tingkat pencemaran udara dalam bentuk angka yang mudah dipahami oleh masyarakat umum. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan informasi tentang kualitas udara saat ini dan bagaimana dampaknya terhadap kesehatan manusia serta lingkungan. ISPU biasanya mengukur beberapa parameter pencemaran udara yang umumnya dihasilkan dari berbagai sumber seperti industri, transportasi, pembakaran bahan bakar fosil, dan aktivitas manusia lainnya

Tabel 1. Kategori Indeks Standard Pencemaran Udara (ISPU)

Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negative terhadap manusia, hewan dan tumbuhan
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat di terima pada Kesehatan manusi, hewan dan tumbuhan .
101-200	Tidak Sehat	Tangka mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia , hewan dan tumbuhan.
201-300	Sanagt Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko Kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
300+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Setiap parameter pencemaran udara memiliki ambang batas konsentrasi tertentu yang ditetapkan oleh otoritas lingkungan setempat atau badan pengawas lingkungan. Jika konsentrasi pencemar udara melebihi ambang batas, maka ISPU akan menunjukkan angka yang lebih tinggi, menandakan tingkat pencemaran udara yang lebih buruk.

Skala ISPU biasanya terdiri dari beberapa kategori yang menggambarkan tingkat kualitas udara, seperti "Baik", "Sedang", "Tidak Sehat", "Sangat Tidak Sehat", dan "Berbahaya". Setiap kategori memiliki interpretasi dan peringatan tertentu terkait dengan kesehatan Masyarakat [21].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

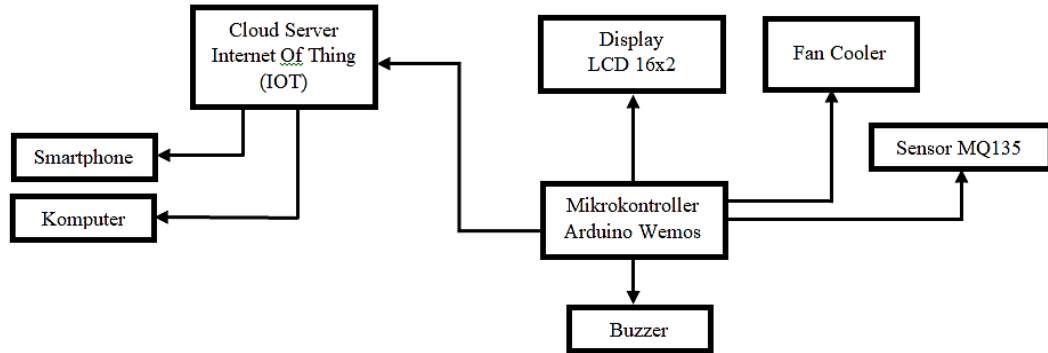
3.1 Perancangan Modul Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras yang dilakukan adalah membuat suatu perancangan modul yang dibangun, dengan spesifikasi perangkat keras seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. Perangkat Keras

Perangkat	Keterangan
Mikrokontroler	Arduino Wemos
Sensor Pencemaran Udara	Sensor MQ-135
Modul Penghubung Jaringan	ESP8266
Display	LCD 16 x 2
Server IoT	Website
Sound	Buzzer

Dalam suatu perancangan dibutuhkan blok diagram sistem yang akan dibuat, hal ini dimaksudkan agar suatu perancangan memiliki tahap-tahap yang sistematis. Gambar 2 menunjukkan blok diagram sistem, yang terdiri dari:



Gambar 2. Blok Diagram

Dari Gambar 2 dapat dijelaskan sistem deteksi dini pencemaran udara menggunakan Arduino Wemos berbasis IoT memiliki komponen utama yang meliputi Arduino Wemos sebagai pengendali utama, sensor pencemaran udara MQ135 untuk mengukur kualitas udara, LCD untuk menampilkan informasi, fan untuk ventilasi udara, dan buzzer sebagai tanda peringatan. Sistem ini menggunakan koneksi internet untuk mengirimkan data ke platform Thingspeak. Dengan komponen ini, sistem dapat mendeteksi dini pencemaran udara, menampilkan informasi kepada pengguna, dan memberikan peringatan saat kualitas udara mencapai tingkat berbahaya:

- Mikrokontroler dijelaskan sebagai pusat dari sistem yang bertindak sebagai pengendali utama yang menghubungkan sensor, modul komunikasi, dan infrastruktur jaringan. Sensor pencemaran udara (MQ135) terhubung ke mikrokontroler, dan sensor ini berfungsi untuk mengukur kualitas udara dan mengirimkan data ke Arduino.
- Sensor pencemaran udara MQ135 terhubung ke mikrokontroler (Arduino Wemos) dan digunakan untuk mengukur kualitas udara. Sensor ini akan mendeteksi berbagai polutan udara seperti gas karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan lainnya. Data yang dihasilkan oleh sensor akan dikirim ke Arduino Wemos untuk diproses dan dikirim ke tempat penyimpanan atau pemrosesan data yang sesuai.
- Arduino Wemos akan mengambil data dari sensor MQ135 dan menampilkannya dalam bentuk diagram melalui web Thingspeak. Thingspeak adalah platform berbasis web yang memungkinkan penyimpanan, pemrosesan, dan visualisasi data secara online. Data dari sensor MQ135 akan dikirim melalui koneksi internet ke Thingspeak, di mana diagram akan dihasilkan dan dapat diakses secara online.
- LCD 16x2 terhubung ke mikrokontroler (Arduino Wemos) dan digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk teks. Dengan menghubungkan LCD ke Arduino Wemos, data yang diproses dan dihasilkan oleh mikrokontroler dapat ditampilkan dengan jelas melalui LCD.
- Fan (kipas) terhubung ke mikrokontroler (Arduino Wemos) dan berfungsi untuk mengeluarkan udara yang mengandung gas berbahaya di dalam ruangan. Ketika tingkat pencemaran udara mencapai ambang batas yang ditentukan, mikrokontroler akan memberikan instruksi kepada kipas untuk menyala dan mengatur sirkulasi udara agar lebih baik.
- Buzzer terhubung ke mikrokontroler (Arduino Wemos) dan akan berbunyi ketika tingkat pencemaran udara mencapai titik berbahaya. Arduino Wemos akan memonitor tingkat pencemaran udara berdasarkan data yang diterima dari sensor MQ135, dan ketika ambang batas tertentu terlampaui, buzzer akan diaktifkan sebagai tanda peringatan.

3.2 Perancangan Software

Untuk memproses data pada mikrokontroler Arduino Wemos maka perlu dibuatkan sebuah program, agar semua sistem dapat berfungsi dengan baik. Pada tahap ini dilakukan pemilihan Software aplikasi pemrograman web, pemilihan software database, pembuatan coding/pemrograman agar modul memiliki kemampuan untuk:

- Pilih platform pengembangan yang sesuai untuk memprogram Arduino Wemos. Contohnya, Arduino IDE.
- Sediakan kode program untuk menghubungkan Arduino Wemos ke jaringan Wi-Fi menggunakan modul komunikasi yang tersedia. Ini memungkinkan Arduino Wemos terhubung ke internet dan dapat mentransmisikan data yang terkumpul.
- Tulis kode program untuk membaca data dari sensor MQ135 yang terhubung ke pin GPIO Arduino Wemos. Ini melibatkan penggunaan library atau modul yang sesuai untuk mengakses dan menginterpretasikan data dari sensor.
- Gunakan kode program untuk mengirimkan data yang telah diproses ke platform IoT, seperti Thingspeak atau platform lainnya yang Anda pilih. Ini melibatkan penggunaan protokol komunikasi yang sesuai, Nama Wifi atau ApiKey yang tersedia di Thingspeak, untuk mengirimkan data melalui koneksi internet. Lakukan

pengujian untuk memastikan bahwa software bekerja dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan. Periksa juga kemungkinan adanya bug atau masalah dalam kode program dan lakukan pemeliharaan jika diperlukan

3.3 Network Configuration

- a. *Sensor Node*. Menggunakan mikrokontroler Arduino, sebagai platform utama untuk mengumpulkan data sensor. Terhubung ke sensor-sensor lingkungan seperti sensor gas, sensor partikulat, sensor suhu, sensor kelembaban, dan sebagainya. Mengirimkan data sensor yang terkumpul ke Gateway Node melalui protokol komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi.
- b. *Gateway Node*. Berperan sebagai perantara antara *Sensor Node* dan *Cloud Server*. Menerima data sensor dari Sensor Note Melalui protocol komunikasi nirkabel. Mengirim data sensor yang diterima ke Cloud Server melalui Koneksi internet, Dapat dilengkapi dengan protoko keamanan seperti TLS/SSL untuk melindungi data yang dikirim.
- c. *Cloud Server*. Tempat penyimpanan dan pengolahan data sensor. Menerima data sensor dari Gateway Node. Melakukan pengolahan data untuk analisis, pemantauan, dan deteksi dini pencemaran udara. Mengirimkan notifikasi atau laporan kepada pengguna atau pihak yang berwenang jika terdeteksi adanya tingkat pencemaran udara yang berbahaya. Dapat menyediakan antarmuka pengguna berbasis web atau aplikasi mobile untuk memantau data sensor secara real-time.
- d. *User Interface*. Pengguna dapat mengakses sistem melalui antarmuka pengguna yang disediakan oleh Cloud Server. Antarmuka pengguna dapat berupa aplikasi mobile atau tampilan web. Pengguna dapat melihat data sensor secara real-time, melihat laporan dan notifikasi, mengatur preferensi pengguna, dan sebagainya.

3.4 Implementasi

- a. Pemilihan Sensor dan Mikrokontroler arduino wemos dan mq-135, pada gambar berikut:



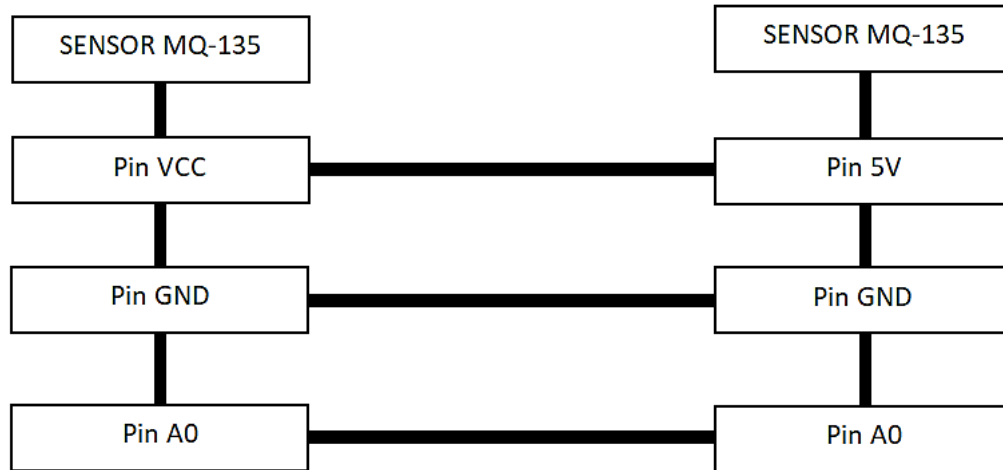
Gambar 3. Arduino Wemos

- b. Pilih mikrokontroler yang sesuai, seperti Arduino wemos yang sudah terpasang modul wifi esp8266, untuk membaca data sensor



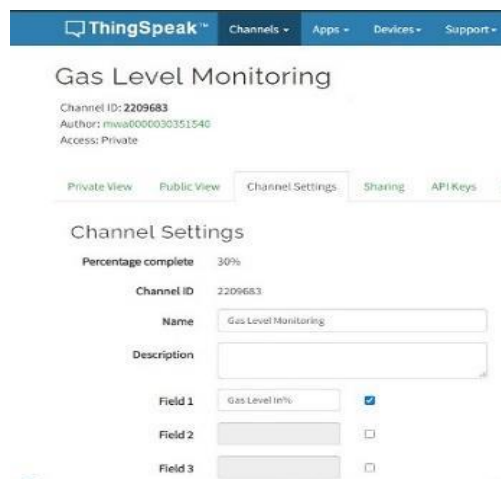
Gambar 4. Sensor Mq-135

Identifikasi sensor-sensor yang diperlukan untuk mendeteksi pencemaran udara, seperti sensor gas, Sensor MQ135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa *NH3*, *Nox*, *alkohol*, *benzol*, *asap* (CO), CO₂, dan lain – lain. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistensi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki kepekaan, waktu respon serta pengukuran secara tepat dan cepat.



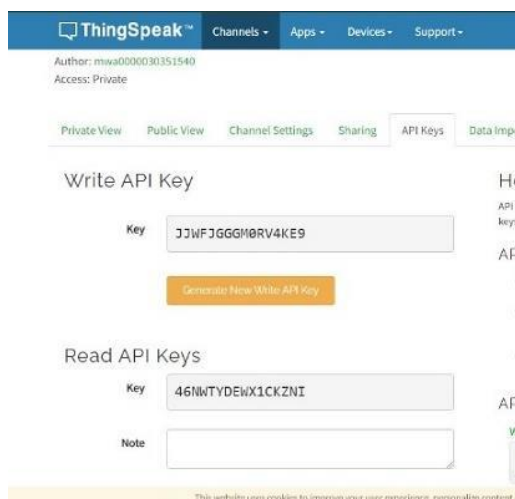
Gambar 5. Blok Susunan Pin

- c. Selanjutnya hubungkan sensor-sensor dengan mikrokontroler menggunakan pin dan kabel yang sesuai.
- d. Pastikan melakukan penyesuaian perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mendukung koneksi sensor-sensor dengan mikrokontroler.
- e. Selanjutnya konfigurasi Koneksi Internet Pastikan mikrokontroler terhubung ke Komputer atau laptop sehingga dapat terbaca pada aplikasi arduino Ide.
- f. Buat akun Thingspeak (<https://thingspeak.com/>) dan buat channel baru untuk menyimpan data sensor.
- g. Tentukan field-field yang sesuai pada channel untuk masing-masing jenis data sensor yang akan dikirimkan.



Gambar 6. Channel Setting

- h. Dapatkan API Key dari channel yang dibuat untuk mengirim data sensor ke Thingspeak.



Gambar 7. API Key

- i. Buat program pada mikrokontroler untuk membaca data sensor secara periodik. Lalu ketikkan kode program yang sudah kita buat dan upload ke arduino wemos, sebelum di upload pastikan kita sudah memilih board dan port yang sesuai.

```

File Edit Sketch Tools Help
tes
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

String apiKey = "J2W700Q80R5V8E8?" // Ganti dengan Write API key Thingspeak Anda
const char ssid = "hasan?" // Ganti dengan SSID dan kunci WPA3 WiFi Anda
const char pass = "hasan123?"
const char server = "api.thingspeak.com";
WiFiClient client;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x2F, 16, 2); // Alamat I2C dan ukuran LCD (16 kolom, 2 baris)

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);
  Serial.println("Connecting to " + String(ssid));

  WiFi.begin(ssid, pass);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

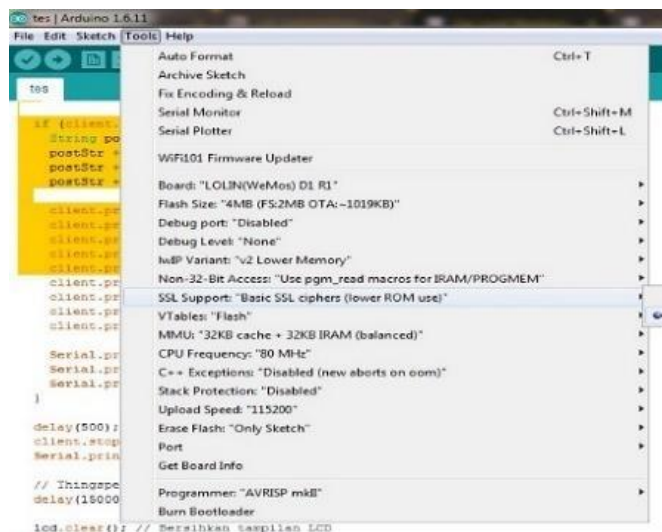
  Serial.println();
  Serial.println("Wifi connected");

  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Wemos Di Hui!");
}

void loop() {
  Serial.println("Membaca data sensor...");
  delay(15000);
  Serial.println("Mengirim data ke Thingspeak...");
  // Thingspeak
  delay(15000);
  lcd.clear(); // Bersihkan tampilan LCD
  
```

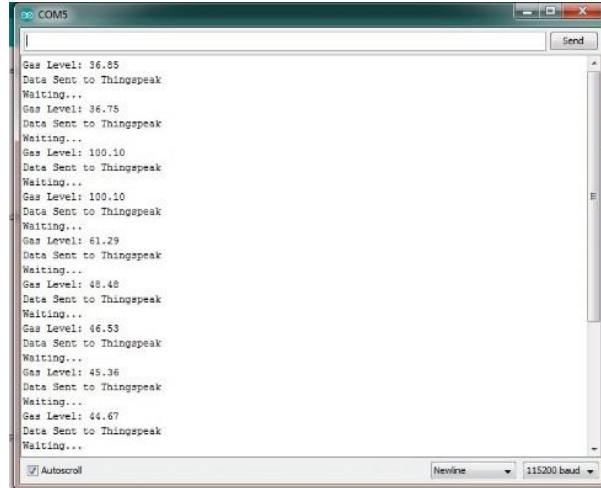
Gambar 8. Code Program

Penjelasan program . *Library "Wire.h"*: Digunakan untuk berkomunikasi melalui protokol I2C, yang digunakan untuk menghubungkan LCD dengan mikrokontroler. *Library "LiquidCrystal_I2C.h"*: Digunakan untuk mengendalikan LCD berbasis I2C, sehingga memudahkan tampilan informasi di layar LCD. *Library "ESP8266WiFi.h"*: Digunakan untuk mengatur dan menghubungkan modul ESP8266 ke jaringan WiFi. Kode ini mengukur tingkat gas menggunakan sensor MQ135 yang dihubungkan ke pin analog A0. Jika tingkat gas melebihi nilai ambang batas (*threshold*), maka akan muncul pesan "Pencemaran Gas! Bahaya!" pada layar LCD dan pesan ini juga akan dikirim ke layanan Thingspeak menggunakan HTTP POST request. Layanan Thingspeak adalah platform yang memungkinkan Anda untuk menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data sensor secara online. Kode ini mengirimkan data tingkat gas ke saluran (*channel*) Thingspeak yang telah diatur sebelumnya dengan menggunakan *API key (apiKey)*. Setelah data terkirim ke Thingspeak, kode ini menunggu selama 15 detik (delay 15000 ms) sebelum memulai proses pengiriman data. Hal ini dilakukan karena Thingspeak memiliki batasan minimal 15 detik antara pengiriman data agar data yang dikirimkan dapat dianalisis dan diproses dengan benar oleh platform tersebut.



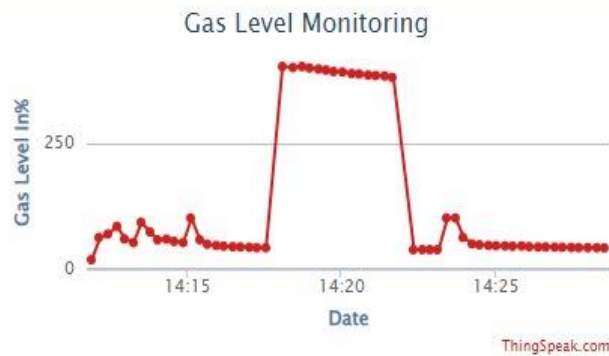
Gambar 9. Board dan Port

- j. Sesuaikan Board dan Port yang sesuai dengan tipe Arduino, dan port berapa yang terpasang pada Arduino tersebut.
- k. Setelah selesai mengatur port dan boardnya lanjut dengan upload sehingga coding yang sudah diselesaikan masuk ke dalam Arduino dan sudah dapat di jalankan.



Gambar 10. Data Serial Monitor

- l. Data sensor akan terbaca oleh serial monitor yang berada pada aplikasi Arduino IDE
- m. Kirimkan data sensor yang terbaca ke Thingspeak menggunakan protokol HTTP dan API Key yang telah didapatkan sebelumnya. Pastikan data sensor terkirim dengan sukses dan tampil pada channel di Thingspeak.
- n. Gunakan fitur grafik pada Thingspeak untuk memvisualisasikan data sensor dalam bentuk grafik atau bisa melihat menggunakan serial monitor yang tersedia di aplikasi arduino Ide



Gambar 11. Hasil Data sensor Grafik Thingspeak

- o. Tentukan ambang batas atau level yang dianggap berbahaya untuk masing-masing parameter pencemaran udara. Implementasikan logika deteksi dini pada program mikrokontroler atau pada sisi Thingspeak. Jika nilai sensor melebihi ambang batas yang ditentukan, berikan tindakan seperti mengirimkan notifikasi atau memicu peringatan.

3. KESIMPULAN

Implementasi Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis *Internet of Things (IoT)* telah membuktikan keefektifannya dalam mendukung pemantauan kualitas udara secara real-time dan memberikan deteksi dini terhadap tingkat pencemaran udara yang berbahaya. Dengan Skala ISPU biasanya terdiri dari beberapa kategori yang menggambarkan tingkat kualitas udara, seperti rentang 1-50 dikatakan "Baik", rentang 51-100 dikatakan "Sedang", rentang 101-200 dikatakan "Tidak Sehat", rentang 201-300 dikatakan "Sangat Tidak Sehat", dan rentang 301+ dikatakan "Berbahaya". Setiap kategori memiliki interpretasi dan peringatan tertentu terkait dengan kesehatan masyarakat. Seperti pada gambar 11. Grafik Thingspeak menunjukkan pada bahwa di jam 14:20 pencemaran udara yang disebabkan oleh gas naik di atas 250 yang di katagorikan sangat tidak baik untuk makhluk hidup, Dan dengan menggunakan sensor-sensor lingkungan yang terhubung ke mikrokontroler dan gateway node, data sensor dapat dikumpulkan dan dikirimkan ke cloud server untuk pemrosesan dan analisis. Melalui antarmuka pengguna yang disediakan, pengguna dapat memantau data sensor secara langsung, menerima notifikasi saat terjadi tingkat pencemaran udara yang berbahaya, dan mengambil tindakan yang diperlukan. Penerapan sistem ini memberikan manfaat dalam pemantauan kualitas udara secara luas, memungkinkan peningkatan kesadaran akan dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat, serta memberikan informasi yang diperlukan bagi pihak berwenang untuk mengambil langkah-langkah mitigasi yang tepat guna menjaga keberlanjutan lingkungan.

REFERENCES

- [1] W. Setyawan, F. Hadary, and M. Saleh, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DI DAERAH RURAL DENGAN KARAKTERISTIK GAMBUT BERBASIS TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IoT)," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1.
- [2] M. Mustafa, H. S. Sunuh, I. Subagyo, and A. Bungawati, "Pencemaran Udara dan ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut)," 2023.
- [3] I. Buana and D. A. Harahap, "Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok," *AVERROUS J. Kedokt. dan Kesehat. Malikussaleh*, vol. 8, no. 1, pp. 1–16, 2022.
- [4] R. S. D. Wihardjo and H. Rahmayanti, *Pendidikan Lingkungan Hidup*. Penerbit NEM, 2021.
- [5] J. Susilo and F. Tunjungsari, "Resiko Gangguan Pernapasan pada Industri Besi Baja," *CoMPHI J. Community Med. Public Heal. Indones. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 110–121, 2022.
- [6] R. Pratama and L. Parinduri, "Penanggulangan pemanasan global," *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 1, pp. 91–95, 2019.
- [7] K. E. S. Manik, *Pengelolaan lingkungan hidup*. Kencana, 2018.
- [8] J. Abidin and F. A. Hasibuan, "Pengaruh dampak pencemaran udara terhadap kesehatan untuk menambah pemahaman masyarakat awam tentang bahaya dari polusi udara," *Pros. Snfur*, vol. 4, no. 2, p. 3, 2019.
- [9] T. Hadyanto and M. F. Amrullah, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Kandang Anak Ayam Broiler Berbasis Internet of Things," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [10] A. Solechan, J. D. Susatyo, T. W. AP, and F. Febryantahanuji, "PELUANG BISNIS PADA PENERAPAN INDUSTRIAL INTERNET OF THING (IIoT)," *J. Publ. Ilmu Komput. dan Multimed.*, vol. 1, no. 3, pp. 259–268, 2022.
- [11] A. Rahardjanto, *Bioindikator (Teori dan aplikasi dalam biomonitoring)*, vol. 1. UMMPress, 2019.
- [12] S. Supiyandi, C. Rizal, M. Iqbal, M. N. H. Siregar, and M. Eka, "Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT) Dalam Mengendalikan dan Monitoring Keamanan Rumah," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 99, no. 99, pp. 1–7, 2023, "Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT) Dalam Mengendalikan dan Monitoring Keamanan Rumah," vol. 99, no. 99, pp. 1–7, 2023, doi: 10.30865/jurikom.v9i1.9999.
- [13] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Affandi, and D. Hermawan, "Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Web Pada Smart Room Dengan Menggunakan Konsep Internet Of Things," *Explor. J. Sist. Inf. dan Telemat. (Telekomunikasi, Multimed. dan Inform.)*, vol. 10, no. 2, 2019.
- [14] S. Supiyandi, C. Rizal, M. Iqbal, M. N. H. Siregar, and M. Eka, "Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT) Dalam Mengendalikan dan Monitoring Keamanan Rumah," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 99, no. 99, pp. 1–7, 2023, doi: 10.30865/jurikom.v9i1.9999.
- [15] H. Herdianto, "Sistem Monitoring Kualitas Air Danau Siombak Menggunakan Arduino Uno," *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 5, no. 2, p. 171, 2020, doi: 10.24114/cess.v5i2.18202.
- [16] B. Satria, H. Alam, and R. Rahmani, "DESAIN ALAT UKUR PENCEMARAN UDARA PORTABEL BERBASIS SENSOR MQ-135 DAN MQ-7," *ESCAF*, vol. 2, no. 1, pp. 1278–1285, 2023.
- [17] T. C. Oktoviana, Y. Gunardi, and F. Supegina, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Smart Home Menggunakan Energi Cadangan Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 85–92, 2020.
- [18] A. D. Prakoso and T. Wellem, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Kualitas Udara berbasis IoT menggunakan Wemos D1 Mini dan Android," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 1246–1254, 2022.
- [19] J. Ghifari, "Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Pengawasan dan Penyiraman Otomatis pada Budidaya Cacing Tanah dengan Protokol MQTT," *Publ. Tugas Akhir S-1 PSTI FT-UNRAM*, 2020.
- [20] T. Rachman, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Lingkungan Perumahan Berbasis Iot Dengan Nodemcu." Universitas Islam Kalimantan MAB, 2021.
- [21] "PORTAL DIREKTORAT PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DITJEN PPKL KLHK." <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia> (accessed Aug. 03, 2023).