

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Arduino Untuk Mendeteksi Polusi Udara Di Perkotaan

Yusuf Cahyo Nugroho¹⁾; Alief Arifin Mahardiko²⁾; Shafira Salma Dhelia³⁾; Afifah Nuraini⁴⁾; Paulus Harsadi⁵⁾

¹⁾ Sistem Informasi, STMIK SINAR NUSANTARA

²⁾ Informatika, STMIK SINAR NUSANTARA

¹⁾ 22430010.yusuf@sinus.ac.id; ²⁾ 22430002.alief@sinus.ac.id; ³⁾ 22530023.shafira@sinus.ac.id; ⁴⁾ 22430001.afifah@sinus.ac.id; ⁵⁾ paulusharsadi@sinus.ac.id;

ABSTRACT

Air pollution is a pressing environmental issue that poses significant risks to human health and the environment. To address this issue, the development of a reliable air quality monitoring system is essential. This research focuses on the design and implementation of a monitoring system based on Arduino Uno micro-controller and sensors such as MQ135, MQ136, and DHT11. The system aims to detect and measure air pollutants, temperature, and humidity levels. The Arduino Uno processes the data collected from the sensors and displays the information on the LCD screen. The system provides real-time monitoring of air quality, allowing quick action to be taken to improve the environment. The use of an Arduino Uno micro-controller enables efficient data processing and control of the overall system operation. The MQ135 sensor is used to detect and measure levels of air pollutants, particularly carbon monoxide (CO). The MQ136 sensor, on the other hand, is used to detect and measure levels of certain air pollutants, such as sulfur dioxide (SO₂). In addition, the DHT11 sensor is used to measure the temperature and humidity levels in the air. The results of testing carried out 16 times under the condition of good conditions resulted in an average of CO 8.6 and SO₂ 15,25 where it is included in the high accuracy category.

Keywords: air quality, monitoring system, Arduino Uno, MQ135 sensor, MQ136 sensor, DHT11 sensor.

I. PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang sering terjadi di wilayah perkotaan. Tingginya konsumsi penggunaan bahan bakar yang berasal dari minyak dapat menyebabkan pencemaran udara karena gas buangan hasil pembakaran. Pencemaran udara dapat menyebabkan masalah kesehatan masyarakat dan wabah penyakit. Oleh karena itu, penting untuk mendeteksi kualitas udara di daerah tersebut dan melakukan pemantauan kualitas udara secara efektif dan efisien.

Di Indonesia, pertumbuhan penduduk yang tinggi dan peningkatan jumlah transportasi juga berkontribusi terhadap pencemaran udara di wilayah perkotaan. Program keluarga berencana telah berhasil menurunkan tingkat kelahiran, namun jika pola pertumbuhan ini berlanjut, diperkirakan jumlah penduduk pada tahun 2030 akan mencapai 294,11 juta jiwa dan pada tahun 2040 akan mencapai 312,51 juta jiwa. Kenaikan transportasi tertinggi terjadi pada tahun 2021 yaitu sebesar 141.992.573[1].

Salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi di wilayah perkotaan akibat

padatnya penduduk dengan sarana dan prasarana transportasinya menjadi sumber pemicu terjadinya pencemaran udara. Tingginya konsumsi penggunaan bahan bakar yang berasal dari minyak, maka potensi pencemaran udara juga semakin tinggi karena udara akan tercemar oleh gas-gas buangan hasil pembakaran. Faktor yang mempengaruhi terjadinya pencemaran udara dapat disebabkan oleh berbagai macam hal, terutama bersumber dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Bila masalah pencemaran udara ini tidak segera ditanggulangi, maka akan menimbulkan masalah baru yang lebih kompleks seperti masalah kesehatan masyarakat dan wabah penyakit yang lain[2].

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menciptakan sistem pemantauan kualitas udara yang efektif adalah arduino. Arduino adalah platform *open-source* yang populer dan dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor dan perangkat elektronik. Dalam penelitian ini, kami merancang alat pendeteksi polusi udara menggunakan arduino dengan menggunakan sensor MQ135 untuk mendeteksi polutan CO

dan sensor MQ-136 untuk mendeteksi polutan SO₂. Data yang diperoleh dari kedua sensor ini kemudian ditampilkan pada modul LCD, memberikan informasi visual langsung mengenai kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pendeteksi polusi udara berbasis Arduino yang dapat memberikan informasi real-time tentang tingkat polusi udara di kawasan perkotaan, khususnya di Surakarta.

Alat ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga kualitas udara yang lebih baik. Pengembangan alat pendeteksi kualitas udara menggunakan Arduino Uno juga memungkinkan pemantauan kualitas udara secara real-time. Hal ini memungkinkan tindakan dapat diambil secara cepat untuk menjaga kualitas udara yang lebih baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bayu Kumoro Yakti, ia membahas tentang monitoring kualitas udara berbasis web menggunakan NodeMCU ESP8266. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kualitas udara berdasarkan tingkat CO₂ menggunakan sensor MQ-135 dan mengirimkan data melalui protokol MQTT. Penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan aplikasi web sebagai antarmuka untuk memantau data kualitas udara[3].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ferry Fachrizal dkk, mereka membahas tentang pengembangan sistem pemantauan pencemaran udara berbasis web dan aplikasi mobile menggunakan teknologi LoRa dan IoT. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kualitas udara secara real-time dengan menggunakan sensor Nitrogen Carbon yang dapat mendeteksi CO, NO₂, dan NH₃[4].

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Rizal dkk, membahas tentang desain dan implementasi sistem pemantauan polusi udara berbasis Android secara real-time di SMKS Darul Ulum Layoa Bantaeng. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kualitas udara di sekitar sekolah dengan menggunakan sensor MQ-135 dan MQ-2. Sistem ini menggunakan platform Android sebagai antarmuka pengguna dan mengirimkan data polusi udara secara real-time ke server[5].

Penelitian yang dilakukan oleh Naufal Arie dkk, membahas tentang sistem monitoring

perkembangan air bersih dan polusi udara berbasis website di wilayah Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk membantu masyarakat Jakarta dalam mengetahui kondisi polusi udara dan akses air bersih melalui website yang disediakan[6].

Dalam Penelitian Indana dkk mereka membahas dampak negatif penggunaan bahan bakar padat terhadap kesehatan, Polusi udara dalam ruangan merupakan masalah lingkungan yang serius di Indonesia. menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar padat dapat berkontribusi terhadap polusi udara dalam ruangan yang dapat berdampak negatif pada kesehatan individu [7].

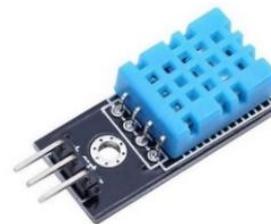
2.2 Arduino Uno



Gambar 1. Arduino Uno

Pada Gambar 1 merupakan mikrokontroler (arduino) berfungsi sebagai penerima dan pengolah data output dari sensor. Selain itu mikrokontroler juga berfungsi mengatur dan menampilkan hasil pengukuran ke LCD. LCD 16x2, sebagai indikator tampilan data yang diterima dan juga sebagai penampil waktu, tanggal dan data kadar konsentrasi CO, NO₂, SO₂, O₃, dan PM₁₀[8].

2.3 Sensor DHT 11



Gambar 2. Sensor DHT 11

Pada Gambar 2 merupakan Sensor DHT11, sensor digital terkalibrasi yang canggih dengan kemampuan untuk mengukur suhu dan kelembapan. Keandalan dan stabilitas tinggi dalam jangka panjang dari sensor dapat terjadi karena memanfaatkan teknik pengambilan data digital dan teknologi penginderaan suhu dan kelembapan yang eksklusif[9].

2.4 Sensor MQ-135



Gambar 3. Sensor MQ135

Pada Gambar 3 merupakan sensor MQ-135, sensor gas yang dapat mendeteksi gas Ammonia (NH₃), Benzena (C₆H₆), Karbon dioksida (CO), Natrium dioksida (NO_x), Sulfur hidroksida (H₂S), gas berbahaya lainnya dan asap. Mirip dengan sensor gas seri MQ lainnya sensor ini memiliki pin output digital dan analog. Ketika tingkat gas melampaui batas ambang di udara, pin menjadi HIGH, untuk pin keluaran analog mengeluarkan tegangan analog yang dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat gas di udara[10].

2.5 Sensor MQ-136



Gambar 4. MQ136

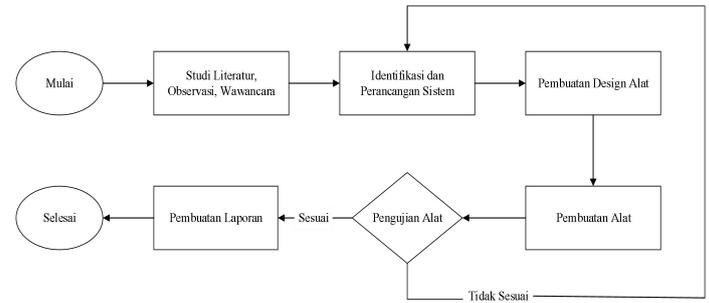
Pada Gambar 4 merupakan sensor MQ-136, suatu komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengindera bau gas dioksida (SO₂). Sensor gas MQ-136 memiliki sensitivitas tinggi terhadap sulfur dioksida (SO₂) dan bisa digunakan untuk mendeteksi uap lain yang mengandung sulfur[11].

2.6 Arduino IDE

Pemrograman Arduino menggunakan IDE (Integrated Development Environment) yang merupakan tool yang bermanfaat untuk menuliskan program (yang secara khusus dinamakan sketsa di arduino), mengompilasinya, dan sekaligus mengunggahnya ke papan Arduino. Software Arduino (IDE) menggunakan Bahasa yang sangat menyerupai Bahasa C atau C++[12].

III. METODE PENELITIAN

3.1 Alur Tahap Pelaksanaan



Gambar 5. Diagram Alir Tahap Pelaksanaan

3.2 Observasi

Observasi yang kami lakukan bersama pihak Dinas Lingkungan Hidup Surakarta merupakan langkah kunci dalam program ini. Fokus utama observasi kami adalah untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai alat-alat yang saat ini digunakan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta dan BMKG Kota Semarang dalam upaya mendeteksi polusi udara di kedua kota tersebut. Melalui observasi ini, kami berharap dapat mengidentifikasi jenis alat, teknologi, serta metode yang mereka gunakan dalam pemantauan dan pengukuran kualitas udara. Data dan informasi yang kami peroleh selama observasi akan menjadi fondasi yang kuat untuk merancang alat pendeteksi udara yang inovatif dan efektif.

3.3 Wawancara

Hasil dari wawancara yang kami lakukan dengan pihak Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta dan BMKG Klimatologi Semarang. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perangkat dan fokus pengukuran yang digunakan dalam upaya pemantauan polusi udara di dua kota ini.

Pertama, Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta menggunakan perangkat yang dikenal sebagai AQMS (Air Quality Monitoring System). AQMS ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi sejumlah parameter penting, termasuk suhu, arah mata angin, kelembapan, dan parameter lainnya. Informasi ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi udara di Kota Surakarta.

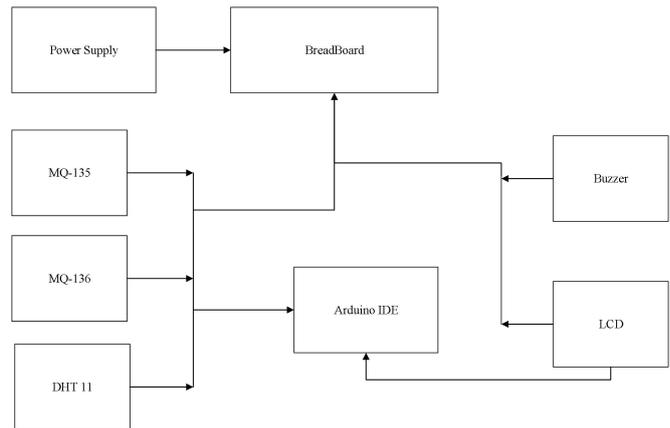
Kedua, dalam wawancara dengan BMKG Kota Semarang, kami menemukan bahwa alat yang mereka gunakan tidak sepenuhnya sesuai dengan polutan yang kami teliti. BMKG Kota Semarang saat ini hanya fokus pada

pemantauan polutan PM 2,5 dan PM-10. Informasi ini akan menjadi dasar penting dalam merancang alat pendeteksi udara yang lebih lengkap dan relevan untuk mengatasi masalah polusi udara di dua kota ini.

3.4 Identifikasi dan Perancangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode Observasi dan Wawancara di BadanLingkungan Hidup di Kota Surakarta dan BMKG Klimatologi Semarang. Tujuannya adalah memberikan informasi tentang kualitas udara di daerah tersebut dan memberikan alternatif informasi kepada masyarakat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memahami tingkat polusi udara.

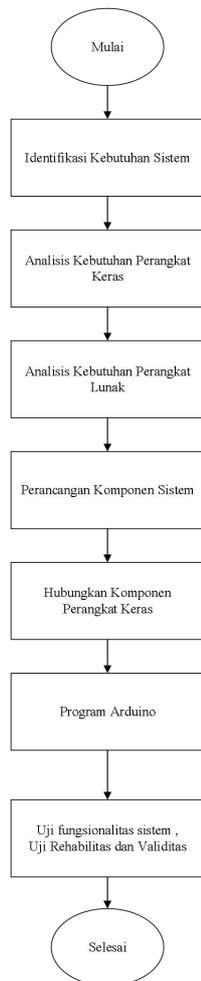
3.5 Blok Diagram Alat



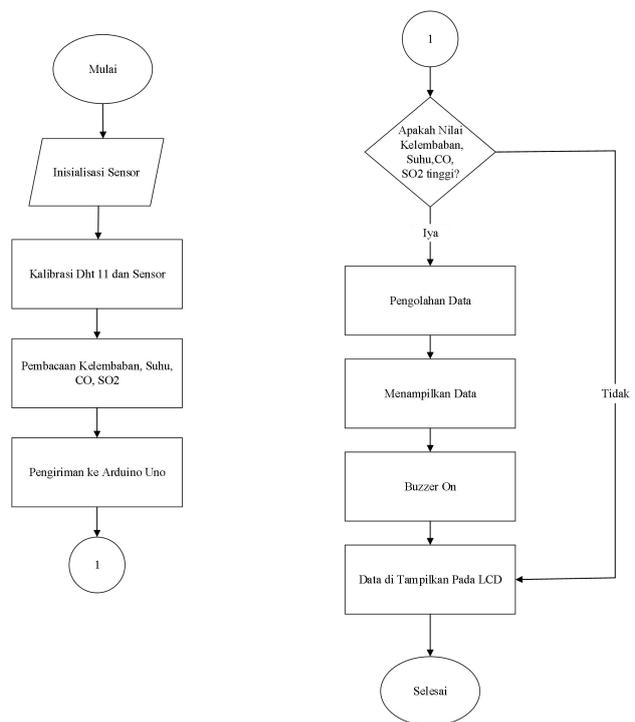
Gambar 7. Perancangan Alat

Sistem pemantauan kualitas udara berbasis Arduino Uno menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, serta sensor MQ-135 dan MQ-136 untuk mengukur kualitas udara dengan memantau gas-gas tertentu. Data dari sensor-sensor ini diproses oleh Arduino Uno dan ditampilkan pada LCD. Jika tingkat kualitas udara mencapai ambang batas yang ditentukan, buzzer memberikan peringatan audio.

3.6 Diagram Alir Rancang Bangun



Gambar 6. Skema Kerja Alat



Gambar 8. Flowchart Diagram Alir DHT11 dan Sensor

Pada Gambar 8 merupakan flowchart menunjukkan bahwa DHT dan sensor mengenali lingkungan melalui suhu, kelembaban, dan gas yang dideteksi. Data hasil pengukuran dikirim ke Arduino Uno untuk diproses dan ditampilkan di LCD. Jika nilai polutan tinggi, data diolah dan ditampilkan di LCD dengan bunyi buzzer. Jika nilai polutan rendah, data langsung ditampilkan di LCD tanpa bunyi buzzer.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem untuk sistem pemantauan polusi udara berbasis Arduino adalah sebagai berikut:

1. Deteksi polutan udara: Sistem harus mampu mendeteksi dan mengukur tingkat
2. polutan udara, khususnya karbon dioksida (CO) menggunakan sensor MQ135 dan SO₂ menggunakan sensor MQ136.
3. Pengolahan data dan kontrol: Sistem harus mencakup mikrokontroler, seperti Arduino Uno, untuk mengolah data dari sensor dan mengendalikan operasi keseluruhan sistem.
4. Tampilan informasi polusi udara: Sistem harus memiliki tampilan, seperti LCD, untuk menampilkan informasi tentang tingkat polusi udara yang terdeteksi kepada pengguna.
5. Indikator visual: Sistem harus mencakup LED yang dapat mengubah warna untuk menunjukkan tingkat polusi udara yang berbeda. Misalnya, LED akan menyala dengan warna putih jika nilai polusi udara baik, hijau jika nilai polusi udara sedang, biru jika nilai polusi udara tidak sehat, kuning jika polusi udara sangat tidak sehat dan merah jika nilai polusi udara berbahaya.
6. Alarm suara: Sistem harus dilengkapi dengan buzzer untuk memberikan peringatan suara ketika tingkat polusi udara mencapai tingkat yang berbahaya.
7. Power supply: Sistem membutuhkan sumber daya listrik yang stabil untuk mengoperasikan semua komponen. Sebuah power supply yang sesuai harus disediakan untuk memberikan tegangan yang diperlukan oleh Arduino dan komponen lainnya.
8. Sensor suhu dan kelembaban (DHT11): Sistem dapat dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban DHT11 untuk mendapatkan informasi tambahan tentang

kondisi lingkungan. Sensor ini dapat terhubung ke Arduino untuk mengukur suhu dan kelembaban udara.

4.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Sistem Pemantauan Kualitas polusi udara berbasis Arduino memiliki fitur-fitur berikut:

1. Sensor MQ135
2. Sensor MQ136
3. LCD
4. LED
5. Buzzer
6. DHT 11
7. Power Supply

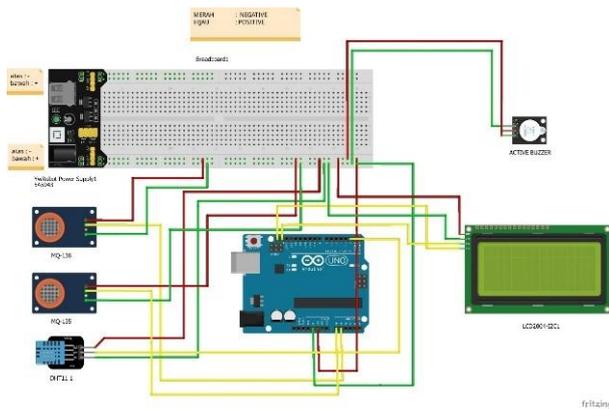
4.3 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

1. Arduino IDE
2. Fritzing

4.4 Perancangan Komponen Sistem

1. Sensor MQ135 dan MQ136: Sistem membutuhkan sensor MQ135 untuk mendeteksi dan mengukur tingkat polutan udara, khususnya karbon dioksida (CO) dan MQ136 untuk mendeteksi dan mengukur tingkat polutan udara khususnya Sulfur Dioksida (SO₂).
2. Sensor DHT11: Sistem juga membutuhkan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara.
3. Mikrokontroler Arduino: Sistem menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengolah data dari sensor dan mengendalikan operasi keseluruhan sistem.
4. Display LCD: Sistem dilengkapi dengan display LCD untuk menampilkan informasi tentang tingkat polusi udara, suhu, dan kelembaban udara.
5. LED Indikator: Sistem menggunakan LED yang dapat berubah warna untuk menunjukkan tingkat polusi udara yang berbeda.
6. Buzzer: Sistem dilengkapi dengan buzzer untuk memberikan peringatan suara ketika tingkat polusi udara mencapai tingkat yang berbahaya.
7. Power Supply: Sistem membutuhkan sumber daya listrik yang stabil untuk mengoperasikan semua komponen.

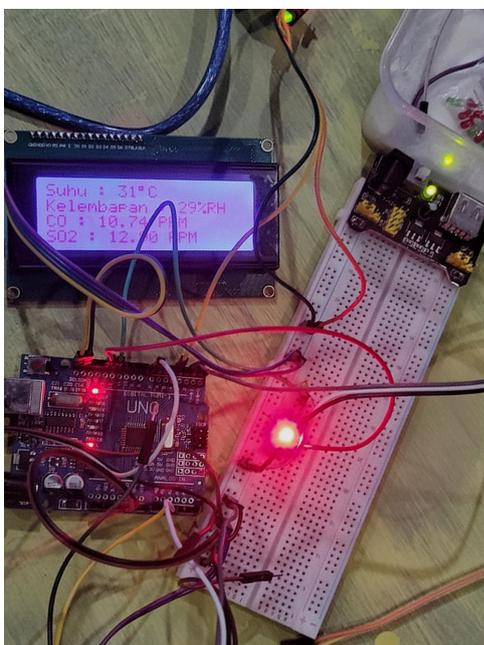
4.5 Ilustrasi Desain



Gambar 9. Desain Alat

Pada Gambar 9 merupakan desain alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino Uno adalah konsep perencanaan untuk menciptakan alat yang dapat memantau dan mengukur parameter-parameter yang memengaruhi kualitas udara di suatu lingkungan. Alat ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai otak utamanya untuk mengendalikan operasi dan memproses data dari sensor-sensor yang terhubung. Pengertian desain ini melibatkan pemilihan sensor kualitas udara yang tepat, penambahan perangkat tambahan seperti layar LCD untuk menampilkan data, serta perencanaan koneksi fisik antara komponen-komponen tersebut.

4.6 Pengujian Alat



Gambar 10. Pengujian Alat

Langkah-langkah dalam melakukan pengujian alat:

1. Siapkan alat yang akan diuji, termasuk sensor MQ135, MQ136, power supply, LCD, LED, buzzer, dan DHT11.
2. Hubungkan sensor-sensor tersebut ke mikrokontroler Arduino sesuai dengan desain rangkaian yang telah dirancang. Pastikan koneksi antara sensor-sensor dan mikrokontroler terhubung dengan benar.
3. Program mikrokontroler Arduino menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE. Tulis kode program yang sesuai dengan fungsi masing-masing sensor, seperti membaca data dari sensor MQ135 dan MQ136, menampilkan data pada LCD, mengontrol LED dan buzzer, dan membaca data dari sensor DHT11.
4. Upload kode program ke mikrokontroler Arduino menggunakan kabel USB. Pastikan program dapat dijalankan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.
5. Uji alat dengan memberikan input yang sesuai, seperti menguji sensor MQ135 dan MQ136 dengan memberikan polutan udara, menguji LCD dengan menampilkan nilai-nilai yang berbeda, menguji LED dan buzzer dengan memberikan sinyal input yang berbeda, dan menguji sensor DHT11 dengan memberikan variasi suhu dan kelembaban.
6. Periksa hasil pengujian dan pastikan alat berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang akurat. Jika ditemukan masalah, perbaiki atau lakukan penyesuaian pada rangkaian atau program.
7. Setelah alat berhasil diuji dan berfungsi dengan baik, lakukan validasi dengan membandingkan hasil pengukuran alat dengan standar yang ada. Pastikan alat memberikan hasil yang konsisten dan akurat.
8. Jika diperlukan, lakukan kalibrasi pada sensor-sensor yang digunakan untuk memastikan hasil pengukuran yang lebih akurat.

4.7 Kalibrasi



Gambar 11. Index PPM pada ISPU net

Untuk pengecekan dan pengaturan akurasi dari sensor pada alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino uno menggunakan regresi eksponensial. Sementara itu untuk index PPM memakai acuan dari ISPU net. Pada waktu dan kondisi yang sama dengan pengujian alat hasil kalibrasi ISPU net untuk CO 10 dan SO2 20.

4.8 Hasil Pengujian

Pengujian alat pada suhu, kelembapan, CO, dan SO₂ ditunjukkan pada Tabel 1. Pengujian dilakukan dalam hitungan tiap detik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat

No	Waktu	Suhu	Kelembapan	CO	SO2
1	18:29:17	25°	32%RH	8.62 PPM	10.72 PPM
2	18:29:18	25°	32%RH	8.91 PM	10.87 PPM
3	18:29:19	25°	32%RH	8.62 PM	10.72 PPM
4	18:29:20	25°	32%RH	8.91 PM	10.87 PPM
5	18:29:21	25°	32%RH	8.33 PM	10.72 PPM
6	18:29:22	25°	32%RH	8.62 PM	10.56 PPM
7	18:29:23	25°	32%RH	8.91 PM	10.87 PPM
8	18:29:24	25°	32%RH	8.33 PM	10.72 PPM
9	18:29:25	25°	32%RH	8.62 PM	10.56 PPM
10	18:29:26	25°	32%RH	8.62 PM	11.03 PPM
11	18:29:27	25°	32%RH	8.91 PM	10.87 PPM
12	18:29:28	25°	32%RH	8.62 PM	11.03 PPM
13	18:29:29	25°	32%RH	8.33 PM	10.72 PPM
14	18:29:30	25°	32%RH	8.91 PM	10.87 PPM
15	18:29:31	25°	32%RH	8.91 PM	10.87 PPM
16	18:29:32	25°	32%RH	8.62 PM	10.72 PPM

Pada Tabel 1, merupakan Rata-rata = jumlah nilai dibagi banyak data.

$$x = F/n$$

Keterangan:

F = jumlah nilai

n = banyak data

$$xCO = \frac{138,79}{16}$$

$$XCO = 8,674375$$

$$xSO2 = \frac{172,72}{16}$$

$$xSO_2 = 10,795$$

Dari hasil rata-rata pengujian alat pada waktu dan kondisi yang sama dengan kalibrasi ISPU net, menunjukkan hasil untuk CO dengan nilai 8,6 sedangkan ISPU net 10 hal ini dapat di simpulkan bahwa sensor mendeteksi polutan dengan stabil. Sedangkan hasil SO2 dengan nilai 10,79 sedangkan ISPU net 20. Nilai terpaut jauh dikarenakan pengujian SO2 harusnya di luar ruangan, sedangkan pengujian kita di dalam ruangan.

V. PENUTUP

Dalam penelitian ini, telah berhasil dirancang dan diimplementasikan sebuah sistem monitoring kualitas udara berbasis Arduino Uno dan sensor MQ135, MQ136, dan DHT11. Sistem ini mampu mendeteksi dan mengukur polutan udara, suhu, dan kelembapan dengan akurasi yang baik. Informasi yang diperoleh dari sistem ini dapat ditampilkan secara real-time pada pada layar LCD, memberikan pemantauan yang efektif terhadap kualitas udara. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan tindakan LED dan buzzer untuk memberikan sinyal visual dan audio ketika polusi udara mencapai tingkat berbahaya, berdasarkan hasil pengujian alat tersebut dapat mendeteksi stabil dan baik.

Meskipun sistem monitoring kualitas udara berbasis Arduino Uno dan sensor MQ135, MQ136, dan DHT11 ini telah memberikan hasil yang memuaskan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan kedepannya. Pertama, dapat dilakukan penambahan sensor-sensor lain yang dapat mendeteksi polutan udara lainnya, seperti sensor untuk mendeteksi partikel PM2.5 dan PM10. Hal ini akan memberikan informasi yang lebih lengkap tentang kualitas udara. Selain itu, pengembangan antarmuka pengguna yang lebih *user-friendly* juga dapat dilakukan agar informasi yang ditampilkan lebih mudah dipahami oleh pengguna. Selanjutnya, sistem ini juga dapat dikembangkan menjadi sistem yang terhubung dengan jaringan internet, sehingga data kualitas udara dapat diakses

secara online dan dapat diintegrasikan dengan sistem pemantauan kota yang lebih luas.

Dengan pengembangan lebih lanjut, sistem monitoring kualitas udara ini dapat menjadi alat yang efektif dalam mengatasi masalah polusi udara dan memberikan informasi yang berguna bagi masyarakat dan pemerintah dalam mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga kualitas udara yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rahmawati, "Pengaruh Jumlah Penduduk, Jumlah Kendaraan Bermotor, Pdrb Per Kapita Dan Kebijakan Fiskal Terhadap Konsumsi Energi Minyak Di Indonesia."
- [2] D. I. Kadyarsi, J. Kartografi, D. Penginderaan, J. Fakultas, G. Ugm, Dan B. Yogyakarta, "Pemetaan Kualitas Udara Kota Surakarta Mapping Of Air Quality In Surakarta Municipality," 2006.
- [3] B. Kumoro Yakti, "Monitoring Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Nodemcu Esp8266."
- [4] F. Fachrizal, J. Julham, Dan A. Antoni, "Sistem Monitoring Polusi Udara Menggunakan Sensor Nitrogen Carbon Berbasis Internet Of Thing," *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika (Json)*, Vol. 4, No. 1, Hlm. 199, Okt 2022, Doi: 10.30865/Json.V4i1.4903.
- [5] J. Homepage Dkk., "Malcom: Indonesian Journal Of Machine Learning And Computer Science Design And Implementation Of A Real-Time Air Pollution Monitoring System Based On Android At Smks Darul Ulum Layoa Bantaeng Desain Dan Implementasi Sistem Pemantauan Polusi Udara Berbasis Android Real-Time Di Smks Darul Ulum Layoa Bantaeng," Vol. 3, Hlm. 143–152, 2023.
- [6] N. Arie, W. Priadi, Dan U. Latifa, "Sistem Monitoring Perkembangan Air Bersih Dan Polusi Udara Berbasis Website Di Wilayah Jakarta (Pure-In)," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Juli*, Vol. 2023, No. 14, Hlm. 536–545, Doi: 10.5281/Zenodo.8180264.
- [7] I. Q. A'yun Dan R. Umaroh, "Polusi Udara Dalam Ruang Dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia," *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, Vol. 23, No. 1, Hlm. 16–26, Jan 2023, Doi: 10.21002/Jepi.2022.02.
- [8] H. Subagiyo Dkk., "Rancang Bangun Sensor Node Untuk Pemantauan Parameter Kualitas Udara," *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, Vol. 18, No. 1, Hlm. 72–79, 2020.
- [9] E. B. Raharjo Dkk., "Rancangan Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Ruang Server Berbasis Internet Of Things", [Daring]. Tersedia Pada: www.Thingspeak.Com.
- [10] R. A. Gustavia Dan E. Nurraharjo, *Rancang Bangun Sistem Multiple Warning Deteksi Asap Rokok Menggunakan Sensor Mq-135 Berbasis Arduino*. 2018.
- [11] F. Treska, "Rancang Bangun Warning System Dan Monitoring Gas Sulfur Dioksida () Gunung Tangkuban Parahu Via Sms Gateway Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Mq-136."
- [12] A. I. Yusuf Dan C. Bella, "Aplikasi Pengaman Pintu Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dan Module Rf Remote."