

DESIGN OF AIR POLLUTION MONITORING IN TRANGKIL PATI VILLAGE USING RASPBERRY PI BASED ON THE INTERNET OF THINGS

RANCANG BANGUN MONITORING POLUSI UDARA DI DESA TRANGKIL PATI MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS INTERNET OF THINGS

^{1a}Taufik Hidayat, ^{1a}Nuri, M.Pd, ^{1a}Muhammad 'Atiq M.T

^{1a}Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik Pati

e-mail: taufikhidayat.stm@gmail.com, nuri.indramayu@gmail.com, muhammadatiq@sttp.co.id

Abstract Air pollution is harmful to living things. Local air pollution must be monitored because it causes many diseases, such as eye irritation and upper respiratory tract infections (URTIs), such as colds, sore throats, and bronchitis. Air quality changes also impact the health of other organisms, air aesthetics, and building integrity. Researchers designed an Internet of Things-based air pollution monitoring tool in Trangkil Pati Village. The research method of the air pollution monitoring tool uses MQ-135 and MQ-136 sensors connected to a Raspberry Pi. Raspberry Pi processes hazardous gas concentration data at 22 locations in Trangkil Village near Trangkil Sugar Factory. Air pollution data is displayed on the SSD1306 OLED LCD and sent to Ubidots. Researchers analyzed the data by creating a line graph based on air quality parameters such as CO₂, NO₂, and SO₂. The research results of the raspberry pi-based air pollution monitoring tool use IoT technology and MQ-135 and MQ-136 sensors to measure CO₂, NO₂, and SO₂ around the sugar factory in Trangkil village. Data is taken at 22 points with a distance of 100 meters in four directions. Users can scan the device's barcode to view the data on the Ubidots website. This IoT-based Air Pollution Monitoring Tool in Trangkil Pati Village can monitor CO₂, NO₂, and SO₂ in a portable manner and is connected to ubidots via Scan code. The percentage of tool accuracy against the MQ-135 and MQ-136 datasheet calibration formulas is CO₂: 94.7%, NO₂: 93.494%, and SO₂: 93.4%.

Keywords: Internet of Things, Bronchitis, Air pollution, Calibration

Abstrak Pencemaran udara berbahaya bagi makhluk hidup. Polusi udara lokal harus dipantau karena menyebabkan banyak penyakit, seperti iritasi mata dan infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) seperti pilek, sakit tenggorokan, dan bronkitis. Perubahan kualitas udara juga berdampak pada kesehatan organisme lain, estetika udara, dan keutuhan bangunan. peneliti merancang alat monitoring polusi udara berbasis *Internet of Things* di Desa Trangkil Pati. metode penelitian alat monitoring polusi udara menggunakan sensor MQ-135 dan MQ-136 yang terhubung dengan Raspberry Pi. Raspberry Pi mengolah data konsentrasi gas berbahaya di 22 titik lokasi Desa Trangkil dekat Pabrik Gula Trangkil. Data polusi udara ditampilkan di LCD OLED SSD1306 dan dikirim ke Ubidots. Peneliti menganalisis data dengan membuat grafik garis berdasarkan parameter kualitas udara seperti CO₂, NO₂, dan SO₂. Hasil penelitian alat monitoring polusi udara berbasis raspberry pi menggunakan teknologi IoT dan sensor MQ-135 dan MQ-136 untuk mengukur CO₂, NO₂, dan SO₂ di sekitar pabrik gula di desa Trangkil. Data diambil di 22 titik dengan jarak 100 meter di empat arah. Pengguna dapat *scan barcode* alat untuk melihat data di *website* Ubidots. Alat Monitoring Polusi Udara Di Desa Trangkil Pati Berbasis IoT ini dapat memonitor CO₂, NO₂, dan SO₂ secara portabel dan terhubung dengan ubidots melalui kode Scan. Persentase akurasi alat terhadap rumus kalibrasi *datasheet* MQ-135 dan MQ-136 adalah CO₂: 94,7%, NO₂: 93,494%, dan SO₂: 93,4%.

Kata Kunci : *Internet of Things*, Bronchitis, Polusi udara, Kalibrasi

PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah yang berdampak buruk bagi makhluk hidup (Nurhalifa, Ilham, & Sumarlin, 2022). Tingkat polusi udara lokal harus dipantau, karena udara yang tercemar adalah sumber dari banyak penyakit (Sadali, Putra, Kertawijaya, & Gunawan, 2022). Oleh karena itu, diperlukan pengendalian tingkat pencemaran udara di sekitar masyarakat (Zulfa & Syam, 2022). Efek perubahan kualitas udara menyebabkan beberapa efek tambahan terhadap kesehatan manusia dan organisme lain, estetika udara, keutuhan bangunan, dan lain-lain (Nakulo, Sari, & Hariyadi, 2020). Efek kesehatan manusia yang paling umum adalah iritasi mata dan infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) seperti pilek, sakit tenggorokan, dan bronkitis (Nurjanah & Emelia, 2022).

Berdasarkan peraturan pemerintah tentang pencemaran udara RI no 41/1999 tentang pengendalian pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, atau energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Pemerintah Republik Indonesia, 1999). Saat ini, kualitas udara sangat memprihatinkan (Syahputra & Husnaini, 2022). Banyak kegiatan manusia yang menyebabkan pencemaran. Salah satunya adalah polusi udara, seperti industri, transportasi dan perumahan (Yasir, 2021). Namun, ada juga penyebab sumber pencemaran udara lainnya, yaitu aktivitas alam seperti letusan gunung, emisi gas alam beracun dan termasuk kebakaran hutan (Simarmata et al., 2022).

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Yunita yang bertujuan untuk pendeteksi kadar udara menggunakan sensor karbon monoksida, sensor debu dan sensor suhu. Penelitian ini menggunakan metode observasi dan prototyping, yang merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak yang paling banyak digunakan. Dengan metode prototyping, pelanggan dan pengembang dapat berkomunikasi satu sama lain selama proses pembuatan sistem. Observasi adalah teknik pengumpulan data dimana peneliti melakukan pengamatan secara sistematis dan mencatat masalah yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti. Hasil dari penelitian tersebut untuk mendeteksi kualitas udara yang menggunakan sensor karbon monoksida, sensor debu dan sensor suhu sebagai input-nya dapat meningkatkan kenyamanan bagi penggunaannya. Kelemahan pada penelitian tersebut yaitu belum menggunakan sistem *Internet of Things*, *Display* atau penampil nilai data hanya menggunakan LCD (Yunita et al., 2021).

Selain itu, penelitian terdahulu yang berhubungan dengan topik penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Arkipus Lahal yang bertujuan untuk memantau pencemaran udara yang tidak hanya berfungsi sebagai pemantau tetapi juga menentukan tingkat kandungan pencemaran udara. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor MQ-135 berfungsi sebagai pendeteksi karbon dioksida seperti asap, polusi, dan partikel sehingga bisa mengetahui tingkat polusi pencemaran udara. Hasil pemantauan kualitas udara pada penelitian ini akan menunjukkan 2 kondisi kualitas udara ambien yaitu: baik dan buruk. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu mengidentifikasi dan mengawasi tingkat polusi udara yang tidak terlihat secara langsung. Kekurangan dari penelitian tersebut belum adanya

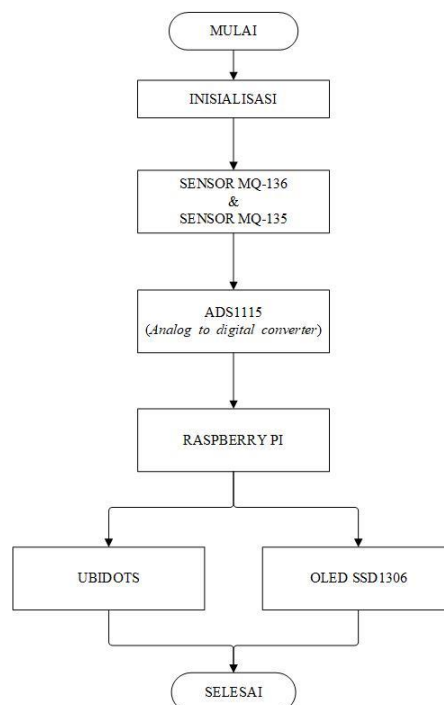
menggunakan sistem *Internet of Things*, *Display* atau penampil nilai data hanya menggunakan LCD, mulai dari pengumpulan data dan observasi peneliti belum mengetahui alat yang digunakan untuk mendeteksi polusi udara di kota Batam (Cosmas & Suharyanto, 2021).

Kadar polusi udara yang mengandung CO_2 , SO_2 , dan NO_2 yang terdapat pada asap pabrik gula menyebabkan ISPA jika terhirup (Taufika & Mawaddah, n.d.). Sehingga peneliti menggunakan Sensor MQ-135 sebagai sensor pendeteksi karbon dioksida (CO_2), nitrogen dioksida (NO_2) dan Sensor MQ-136 sebagai sensor pendeteksi gas sulfur dioksida (SO_2). Output dari sensor nantinya akan diproses menggunakan Raspberry Pi berbasis *Internet of Things*, Sehingga nantinya dapat di akses melalui *smartphone* dan laptop untuk memberikan informasi tingkat kandungan polusi udara di Desa Trangkil Pati.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan variabel independen dan variabel dependen adalah salah satu cara untuk menggambarkan hubungan antara dua variabel. Variabel independen adalah variabel yang menjadi penyebab atau pengaruh, sedangkan variabel dependen adalah variabel yang menjadi akibat atau hasil. Biasanya, variabel independen diletakkan pada sumbu horizontal (x), dan variabel dependen diletakkan pada sumbu vertikal (y). Metode ini disebut **metode koordinat kartesius**.

1. Flowchart Sistem

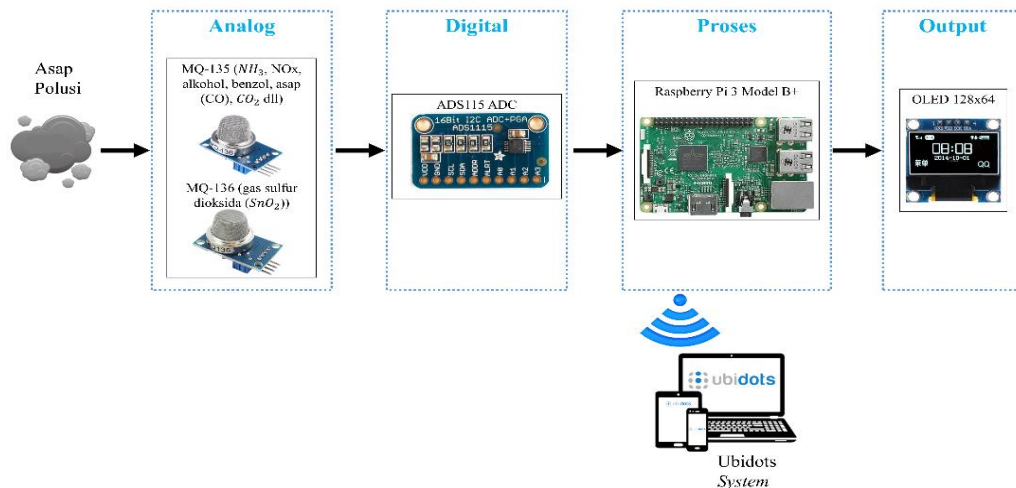


Gambar 1. Flowchart Sistem

Gambar 1 menunjukkan sistem monitoring polusi udara yang menggunakan sensor MQ-135 dan MQ-136 untuk mengukur kadar gas berbahaya di udara. Sensor-sensor ini menghasilkan sinyal analog yang dikonversi menjadi digital oleh ADS1115. ADS1115 terhubung ke Raspberry Pi

melalui bus komunikasi I2C yang menggunakan dua kabel saja. Raspberry Pi menampilkan data polusi udara dari ADS1115 di LCD OLED SSD1306, sebuah layar kecil hemat energi. Raspberry Pi juga mengirimkan data ke platform IoT Ubidots, yang memungkinkan pengguna untuk melihat data secara *real-time* melalui *smartphone* atau komputer.

2. Diagram Blok Penelitian



Gambar 2. Blok Diagram

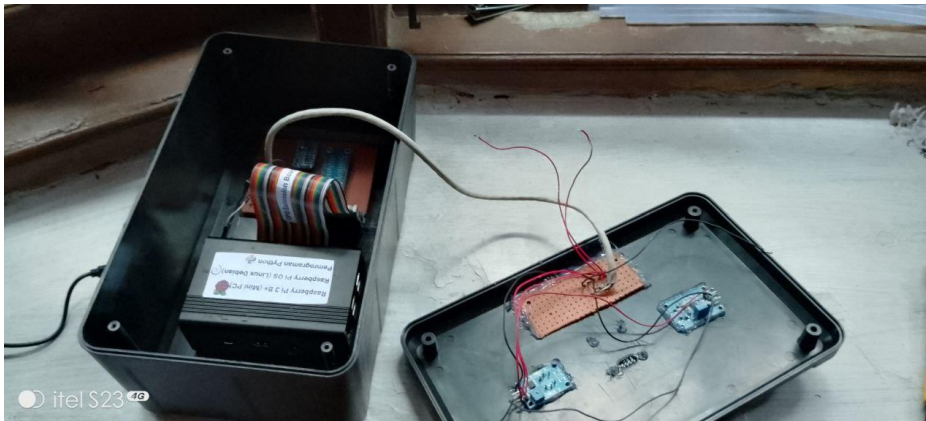
Gambar 2 menunjukkan alat monitoring polusi udara yang menggunakan sensor MQ-135 dan MQ-136 untuk mengukur konsentrasi gas berbahaya di udara desa Trangkil. Sensor-sensor ini menghasilkan tegangan analog yang dikonversi menjadi digital oleh modul ADS1115. Modul ini terhubung dengan Raspberry Pi melalui protokol I2C yang merupakan protokol komunikasi data serial sinkron dengan dua kabel. Raspberry Pi mengolah data dari sensor-sensor polusi udara dan mengirimkannya ke platform IoT Ubidots yang dapat menampilkan data secara *real-time* dan historis melalui web atau mobile. Alat ini juga menampilkan data pada LCD OLED SSD1306 yang terhubung dengan Raspberry Pi melalui protokol I2C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan variabel independen dan variabel dependen adalah salah satu cara untuk menggambarkan hubungan antara dua variabel. Variabel independen adalah variabel yang menjadi penyebab atau pengaruh, sedangkan variabel dependen adalah variabel yang menjadi akibat atau hasil. Biasanya, variabel independen diletakkan pada sumbu horizontal (x), dan variabel dependen diletakkan pada sumbu vertikal (y). Metode ini disebut **metode koordinat kartesius**. Hasil perancangan sesuai dengan yang telah dirancang dan direncanakan sebelumnya. Alat ini digunakan untuk monitoring polusi udara secara IoT, dengan menggunakan komponen Raspberry Pi sebagai modul WIFI dan kontrol.

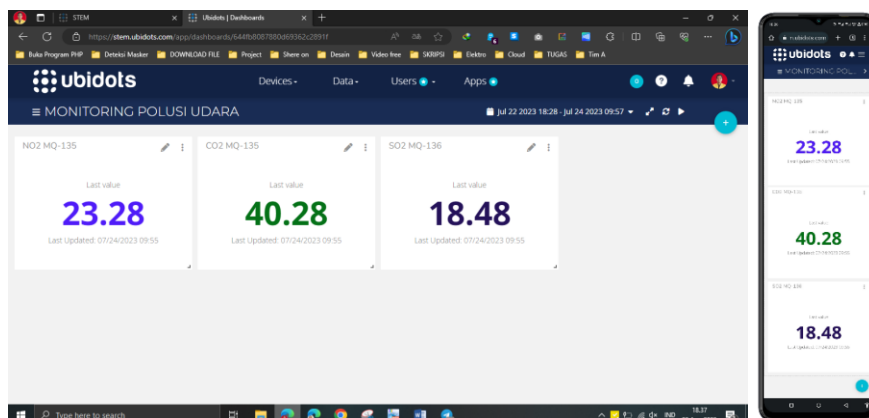
1. Rancang *Prototype*

Alat monitoring polusi udara yang dirancang di luar box berukuran panjang dan panjangnya 24 cm, lebarnya 14,5 cm serta tingginya 12 cm menggunakan MQ-135, MQ-136, dan LCD SSD1306. Alat ini gabungan dari alat yang dirancang di dalam box, yaitu mengukur konsentrasi gas polutan di udara. Alat ini menggunakan sensor gas MQ-135 dan MQ-136 yang terhubung langsung ke layar LCD SSD1306 untuk menampilkan data secara lokal pada layar LCD. Alat ini juga menggunakan power bank sebagai sumber daya.



Gambar 3. Alat Pendeteksi Kadar Polusi

Raspberry Pi digunakan untuk mengolah sensor dan mengirim data. Sensor yang digunakan yaitu sensor MQ-135 dan sensor MQ-136. Selain itu, alat ini menggunakan ADS1115 ADC untuk mengubah sinyal analog menjadi digital. Monitoring polusi udara dilakukan secara *real time* pada alat dan portabel mudah dibawa saat pengecekan berbagai tempat. Sistem monitoring polusi udara di Desa Trangkil Pati berbasis *internet of things* dilengkapi dengan aplikasi ubidots. Pada aplikasi ubidots menampilkan kualitas udara pada sensor MQ-135 dan MQ-136, aplikasi ubidots juga dilengkapi dengan *gauge* yang peneliti gunakan untuk menampilkan kualitas udara agar dapat di periksa dengan mengukur batas toleransi pada *dashboard* aplikasi.



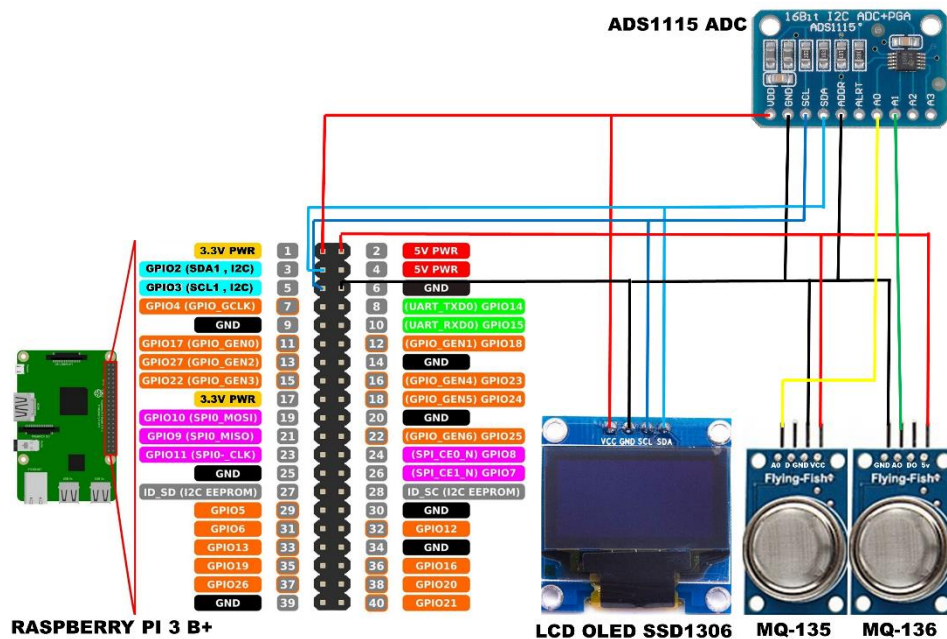
Gambar 4. Monitoring Menggunakan Laptop dan Smartphone

Sistem monitoring dan pendukung keputusan udara ini berupa alat yang sudah terhubung dengan internet dan dapat memonitor gas di sekitar seperti

Sulfur Dioksida (SO₂), Amonia NH₃, Nitrogen Dioksida (NO₂), alkohol, benzol, asap Karbon Monoksida (CO), Karbon dioksida (CO₂) dalam satuan ppm. Sistem mengumpulkan data sensor dan mengolah data tersebut untuk mendapatkan sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂), Karbon dioksida (CO₂) kemudian dikirim ke Ubidots untuk ditampilkan dan dianalisis.

2. Skematik Rangkaian

Hasil pemantauan dapat digunakan untuk menentukan kualitas udara. I2C pin SCL dan SDA yang sama untuk menghubungkan LCD OLED SSD1306 dan ADS1115 ke Raspberry Pi. Hal ini dikarenakan kedua perangkat menggunakan protokol komunikasi I2C yang memungkinkan beberapa perangkat untuk terhubung dengan menggunakan jalur komunikasi yang sama. Alamat I2C yang digunakan oleh kedua perangkat agar tidak terjadi konflik. Alamat I2C LCD OLED SSD1306 adalah 0x3c, sedangkan alamat I2C ADS1115 dapat dipilih dengan menjumper pada pin ADDR disambungkan ke *ground*, sehingga alamat ADS1115 adalah 0x48. ADS1115 memiliki 4 alamat I2C (0x48, 0x49, 0x0A, dan 0x4B) yang dapat dipilih. Hasil monitoring dapat digunakan dalam menentukan kualitas udara. Skematik rangkaian dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 5. Skematik Rangkaian

3. Kalibrasi Sensor

Langkah pertama melakukan kalibrasi ialah mencari nilai Rs/Ro pada saat udara bersih. Untuk mencari nilai Rs/Ro diperlukan mencari nilai Rs dan Ro. Di mana Rs adalah nilai resistansi sensor dan Ro adalah tahanan sensor pada saat udara bersih. Pada saat udara bersih nilai Rs/Ro dari sensor MQ-135 adalah 3.6. Lalu setelah didapatkan nilai Rs/Ro pada udara bersih, maka selanjutnya adalah mencari nilai Rs, dengan menggunakan rumus :

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L$$

$$R_s = \left(\frac{5}{0.84} - 1 \right) \times 1$$

$$R_s = 4,952$$

Setelah mendapat nilai R_s , maka selanjutnya adalah mencari nilai R_0 . R_0 adalah R_0 pada saat udara bersih. Nilai R_0 pada sensor MQ-135 saat udara bersih adalah sekitar 3,6. Nilai R_0 adalah rasio antara resistansi sensor saat udara bersih dan resistansi sensor saat terpapar gas tertentu. Nilai R_0 bergantung pada jenis gas, konsentrasi gas, suhu, dan kelembaban. :

$$R_0 = 3.6$$

Setelah R_0 dari sensor MQ-135 sudah diketahui, maka selanjutnya adalah mencari masing-masing nilai m dan b dari CO_2 berdasarkan grafik dari sensor MQ-135. Pertama yang dicari adalah nilai m dan b dari CO_2 , menggunakan persamaan berikut :

$$m = \frac{\log(y_2) - \log(y_1)}{\log(x_2) - \log(x_1)}$$
$$m = \frac{\log(1) - \log(0.8)}{\log(100.8) - \log(200.2)}$$
$$m = -0.32519752172028$$

Setelah diketahui nilai m maka selanjutnya mencari nilai b dari CO_2 :

$$b = \log(y) - m \times \log(x)$$
$$b = \log(0.9) - (-0.32519752172028) \times \log(146.95)$$
$$b = 0.6590006893$$

Dalam mencari kadar konsentrasi gas dari ppm digunakan rumus :

$$ppm = 10^{\left\{ \frac{\log(\text{rasio}) - b}{m} \right\}}$$
$$ppm = 10^{\left\{ \frac{\log\left(\frac{4.952}{3.6}\right) - 0.6590006893}{-0.32519752172028} \right\}}$$
$$ppm = 39,86$$

Dengan memasukkan rumus dan nilai ke dalam pemrograman maka selanjutnya adalah membandingkan nilai yang telah dihitung oleh sensor dan perhitungan dengan rumus grafik datasheet MQ-135 seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Sensor

No.	VRL (volt)	LCD CO ₂ (ppm)	Ubidots CO ₂ (ppm)	Datasheet CO ₂ (ppm)	Galat / Errorr (%)	Akurasi (%)
1	0,84	37,71	37,71	39,86	5,7	94,3
2	0,84	37,25	37,25	39,86	7,0	93
3	0,82	35,11	35,11	36,48	3,9	96,1
4	0,74	27,75	27,75	25,10	9,5	90,5
5	0,69	20,08	20,08	19,52	2,7	97,3

Berdasarkan tabel 1 persentase galat paling besar yaitu 9,5%. Perhitungan persentase galat dari perhitungan sensor MQ-135 terhadap CO_2 adalah sebagai berikut :

$$\%Galat = \frac{\text{Nilai dari alat referensi} - \text{nilai dari alat perancang}}{\text{Nilai dari alat referensi}} \times 100$$

$$\%Galat = \frac{27,75 - 25,10}{27,75} \times 100$$

$$\%Galat = 9,5$$

Perhitungan nilai akurasi sensor MQ-135 terhadap CO_2 adalah sebagai berikut :

$$\text{Akurasi}\% = 100 - \%Galat$$

$$\text{Akurasi\%} = 100 - 9,5$$

$$\text{Akurasi\%} = 90,5$$

4. Scan Barcode Internet of Things

Alat ini juga sudah menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Untuk menguji IoT, pengguna dapat melakukan scan barcode yang terdapat pada alat menuju website Ubidots, sebuah platform *cloud* untuk IoT. Di website tersebut, pengguna dapat melihat data kualitas udara secara *real-time*, serta melakukan analisis dan visualisasi data. Kode barcode dapat dilihat pada gambar 4.32 sebagai berikut.



Gambar 6. Scan Barcode IoT Ubidots

5. Pengujian dan Analisis Sistem

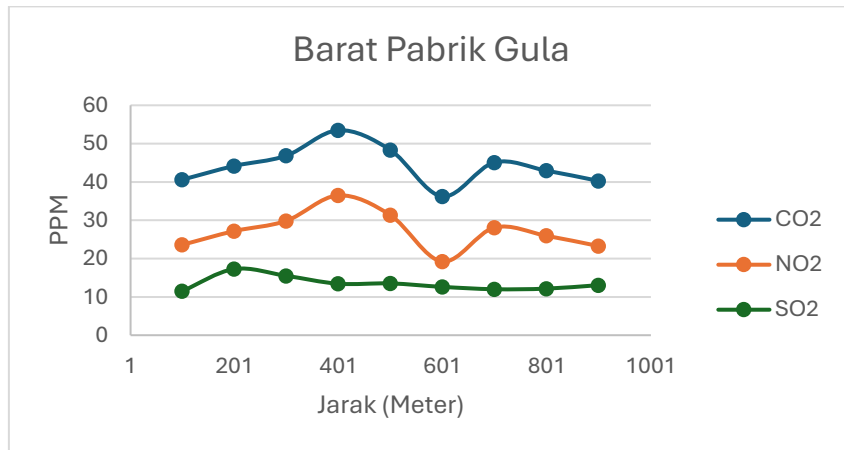
Pengambilan data monitoring polusi udara berbasis raspberry pi dilakukan untuk mengukur konsentrasi CO₂, NO₂, dan SO₂ menggunakan sensor MQ-135 dan sensor MQ-136 di sekitar pabrik gula yang berlokasi di desa Trangkil. Data diambil pada tanggal 22 Juni 2023 dengan menggunakan alat monitoring polusi udara berbasis raspberry yang portabel. Di arah barat, terdapat sembilan titik pengambilan data dengan jarak 100 meter antara satu titik dengan titik lainnya. Di arah timur, terdapat tujuh titik pengambilan data dengan jarak yang sama. Di arah selatan dan utara, terdapat tiga titik pengambilan data di masing-masing arah dengan jarak 100 meter antara titik-titik tersebut. Berikut data sampel dapat dilihat pada di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengambilan Data Di Lapangan

Jarak (Meter)	Waktu	Karbon Dioksida CO ₂ (PPM)	Nitrogen Dioksida NO ₂ (PPM)	Sulfur dioksida SO ₂ (PPM)
100	13.24	40,58	23,58	11,48
200	13.27	44,17	27,17	17,26
300	13.32	46,84	29,84	15,50
400	13.34	53,48	36,48	13,44
500	13.39	48,36	31,36	13,52
600	13.41	36,23	19,23	12,61
700	13.44	45,08	28,08	12,00
800	13.48	42,95	25,95	12,15
900	13.51	40,28	23,28	13,06
Rata - Rata		44,21	27,21	13,44

Berdasarkan Tabel 2 hasil rata-rata dari pengambilan data barat pabrik CO₂=44,21 ppm, NO₂=27,21 ppm, dan SO₂=13,44 ppm. Setelah melakukan pengambilan data monitoring polusi udara berbasis raspberry pi pada CO₂, NO₂, dan SO₂, data tersebut diketik ke dalam tabel yang menunjukkan konsentrasi masing-masing gas di setiap titik pengambilan data. Tabel ini kemudian digunakan untuk

membuat grafik yang menggambarkan pola dan perbedaan konsentrasi gas di berbagai lokasi. Grafik pada gambar 4.33 dapat membantu dalam menganalisis dan mengevaluasi tingkat polusi udara yang dihasilkan oleh pabrik gula.



Gambar 7. Hasil Analisis Grafik Pengambilan Data

Berdasarkan grafik data polusi udara barat pabrik gula pada gambar 4.33 pada saat pengambilan data di lokasi. Sensor Sensor MQ-135 dan Sesor MQ-136 membaca konsentrasi CO₂ paling tinggi sebesar 53,48 PPM lalu NO₂ paling tinggi sebesar 36,48 PPM dan SO₂ paling tinggi sebesar 17,26 PPM.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai Rancang Bangun Monitoring Polusi Udara Di Desa Trangkil Pati Menggunakan Raspberry Pi Berbasis *Internet of Things*, maka kesimpulan yang dapat diambil meliputi:

1. Alat yang bernama Monitoring Polusi Udara Di Desa Trangkil Pati Menggunakan Raspberry Pi Berbasis *Internet of Things* ini merupakan alat untuk memonitor polusi udara CO₂, NO₂, dan SO₂. Selain itu juga dapat digunakan secara portabel mudah dibawa ke mana-mana sehingga mempermudah mengakses *Internet of Things* ubidots dengan cara Scan berkode pada Box alat.
2. Persentase akurasi pengujian alat terhadap kalibrasi rumus menurut grafik datasheet MQ-135 dan MQ-136 dimasing-masing pengujian pada tugas akhir ini yaitu CO₂ sebesar 94,7%, NO₂ sebesar 93,494%. Sedangkan untuk pengujian SO₂ sebesar 93,4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Nurhalifa, N., Ilham, I., & Sumarlin, S. (2022). Analisis pencemar PM10 pada udara ambien akibat aktivitas kendaraan bermotor: (Studi kasus: Jalan Poros Puuruy-Morosi, Desa Puuruy, Kecamatan Morosi, Kabupaten Konawe). *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*, 2(2), 50–53.
- Sadali, M., Putra, Y. K., Kertawijaya, L., & Gunawan, I. (2022). Sistem monitoring dan notifikasi kualitas udara di jalan raya dengan platform IoT. *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, 5(1), 11–21.

- Zulfa, L., & Syam, N. (2022). Kondisi ruangan dengan kadar bakteriologis udara dalam rawat inap RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar. *Window of Public Health Journal*, 1528–1539.
- Nakulo, B., Sari, I. D., & Hariyadi, D. (2020). Pemantauan sistem kualitas udara menggunakan OpenHAB. *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, 3(1), 14–19.
- Nurjanah, N., & Emelia, R. (2022). Evaluasi penggunaan antibiotik pada pasien ISPA di Klinik Legok Medika Sumedang. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2(2), 256–266.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1999). *Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang: Pengendalian pencemaran udara* (pp. 1–34).
- Syahputra, R. W., & Husnaini, I. (2022). Perancangan alat pendeteksi gas karbon monoksida di udara menggunakan sensor gas MQ-7 dan modul Bluetooth HC-05. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(2), 326–333.
- Yasir, M. (2021). Pencemaran udara di perkotaan berdampak bahaya bagi manusia, hewan, tumbuhan, dan bangunan.
- Simarmata, M. M. T., et al. (2022). *Pengantar pencemaran udara*. Yayasan Kita Menulis.
- Yunita, Y., Nurhuda, A., Rosita, D., Yusika, A., Salmon, S., & Fauzi, R. (2021). Rancang bangun alat monitoring radioaktivitas kadar polusi udara. *Sebatik*, 25(1), 279–285.
- Lahal, A., & Suharyanto, E. (2021). Rancang bangun alat monitoring polusi udara berbasis Arduino. *Jurnal Comasie*.
- Taufika, I. R., & Mawaddah, K. Korelasi antara frekuensi menghirup asap pabrik gula dan jumlah gejala ISPA di Desa Cukir Jombang. *Online*. Available: [files/274/KORELASI ANTARA FREKUENSI MENGHIRUP ASAP PABRIK GULA DAN JUMLAH GEJALA ISPA DI DESA CUKIR JOMBANG.pdf](#).