

## Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Udara (PM2.5, NO<sub>2</sub>, CO) Berbasis Iot Menggunakan Sim800I Dan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Di Kota Tasikmalaya

Saepul Anwar<sup>1)</sup>, Ari Yuliat<sup>2)</sup>, Rd. Yovi Manova<sup>3)</sup>

1. *Departement of Electrical Engineering*, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya
2. *Departement of Electrical Engineering*, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya
3. *Departement of Electrical Engineering*, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya

### ABSTRAK:

Permasalahan polutan udara di area perkotaan tidak dapat diabaikan kembali dikarenakan sangat berdampak pada kehidupan manusia saat ini dan masa mendatang. Diperlukan media dan peranti yang dapat menyampaikan nilai kualitas udara dalam upaya meningkatkan kesadaran masyarakat bahwa pentingnya kualitas udara yang sehat. Dalam penelitian ini memaparkan rancang bangun alat ukur kualitas udara yang dapat menampilkan secara langsung pada Led Matrix P10 berbasis Arduino Mega 2560 dan terintegrasi dengan sensor PMS5003 untuk mengukur nilai PM2.5, sensor MICS6814 untuk mengukur konsentrasi NO<sub>2</sub> dan CO, serta IoT digunakan sebagai fungsi database. Dengan menggunakan metode penelitian R&D (riset and development) luaran penelitian ini diharapkan dapat diterima oleh masyarakat seutuhnya. Informasi yang disajikan merupakan nilai standar setiap satuan pencemar dan kategori kualitas udara yang ditampilkan merupakan nilai yang telah di konversikan dengan satuan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dengan tujuan untuk keseragaman informasi yang tersampaikan kepada masyarakat tentang tingkatan bahaya pencemar udara diantara tiga pencemar yang terukur. Hal ini ditinjau dari Peraturan Menteri Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 Tentang ISPU

**Kata Kunci:** *Polutan, Sensor, Internet of Things, ISPU*

### PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan salah satu masalah paling serius di planet ini [1]. Pemantauan polusi udara sangat penting untuk meningkatkan kesadaran publik dalam meningkatkan kesehatan manusia dan lingkungan perkotaan yang berkelanjutan [2]. Menurut H. Bambang S. [3] yang dikutip langsung dari laman resmi MPR/12/Okt/2021 “sekitar 60 persen kontributor polusi udara di Indonesia disebabkan kendaraan bermotor”. PM2.5 dianggap sebagai partikel yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia dari semua partikel di atmosfer [4].

Dengan adanya penelitian yang telah dilaksanakan di Kota Tasikmalaya yaitu “Sistem Pemantauan Kualitas Udara di Kota Tasikmalaya berbasis IoT” yang melakukan pengambilan sampel nilai CO, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> selama 10 hari pada 17 September 2019 sampai dengan 26 September 2019 [5], pada penelitian ini akan melakukan pengukuran kualitas udara dengan parameter yang diukur meliputi PM2.5 NO<sub>2</sub>, CO secara berkelanjutan serta dapat menyampaikan informasi langsung kepada masyarakat Tasikmalaya berupa kategori dan nilai kualitas udara melalui papan informasi digital yang terintegrasi.

Alat ukur kualitas udara yang dibangun akan ditempatkan di ruang terbuka (outdoor) di persimpangan Rancabango Kota Tasikmalaya,

dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 CH340 versi pro mini sebagai kontroler utama dan modul SIM800L sebagai fungsi IoT yang akan mengirimkan data ke cloude Google Firebase. LED Matrix 3xP10 yang berfungsi sebagai display untuk menyampaikan informasi kualitas udara saat itu. Sedangkan Sensor yang digunakan yaitu PMS5003 (PM2.5), MICS6814 (CO dan NO<sub>2</sub>), DHT22 (Suhu dan Kelembaban).

Dengan melaksanakan penelitian ini penulis dapat mengatasi masalah dalam upaya pengukuran kualitas udara, secara langsung dapat mengetahui nilai kualitas udara yang berada di titik pengukuran sehingga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat pentingnya kualitas udara. Data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai analisis penelitian selanjutnya untuk melakukan Analisa kualitas udara.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### a. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh Sugiarso dkk. Melakukan implementasi aplikasi sensor polusi menggunakan Bahasa C++. Pada penelitian tersebut melakukan pengembangan alat ukur polusi udara dengan parameter yang diukur yaitu karbon monoksida (CO) dan karbon

dioksida (CO<sub>2</sub>). Menggunakan bluetooth sebagai media komunikasi[6].

Kuncoro Adityo Hermawan dkk. Melakukan pengambilan data kualitas udara di persimpangan Bypass Kota Tasikmalaya selama 10 hari memperoleh hasil kualitas udara yang baik[5].

Martha Arbayani Zaidan dkk. melakukan pemodelan kalibrasi dan sensor virtual dibuat dengan menggunakan instrument referensi yang dipasang pada stasiun referensi yang bertujuan untuk menggeneralisasi model kalibrasi dan penginderaan virtual[7].

Mohamed Anis Fekih dkk. memaparkan desain, implementasi dan evaluasi sistem pemantauan partisipatif berbasis jaringan sensor nirkabel yang mengukur suhu, kelembaban, dan sejumlah polutan (NO<sub>2</sub>, PM1.0, PM2.5, dan PM10)[2].

Matteo Ferro dkk. melakukan penelitian untuk resolusi pengambilan sampel kualitas udara lebih spasial yang halus (luas dan terperinci) untuk perancangan Smart City. [1].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zhibin Liu dkk. Desain perangkat keras dan perangkat lunak IAQD dijelaskan secara rinci. Tujuh unit IAQD Dikerahkan di gedung target untuk jangka waktu satu bulan di musim dingin. Gateway mengumpulkan data sensor dari setiap IAQD (Index Air Quality Detector) [4].

**b. Pencemaran Udara**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 dalam pengendalian pencemaran udara, Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya material atau zat oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak dapat memenuhi fungsinya.

(IQ Air, 2020) mendefinisikan PM2.5 bahwa partikel ini mencakup berbagai susunan kimia yang berasal dari berbagai sumber. (Prabowo & Muslim, 2018) Polusi udara yang disebabkan oleh partikel memiliki hubungan erat terhadap pencemar SO<sub>2</sub> yang tersusun atas sumber material yang sama yaitu hasil pembakaran bahan bakar fosil yang saling bereaksi secara sinergis dalam memberikan dampak pencemar terhadap Kesehatan. Dengan ukuran mikroskopis yang dapat terserap ke dalam aliran

darah saat terhirup, berdampak pula terhadap nilai estetika lingkungan atau kota.

[8] NO<sub>x</sub> merupakan pencemar udara yang disebabkan dari hasil produksi manusia dari aktifitas pembakaran mesin kendaraan bermotor dan pembuangan limbah rumah tangga. [9] Apabila pencemar NO<sub>2</sub> terhirup oleh manusia dengan konsentrasi tinggi, dapat menurunkan pertahanan pada penyakit paru-paru, bronchoconstriction, menurunkan fungsi paru-paru untuk anak, dan penyebab iritasi lainnya.

Pada parameter Karbon Monoksida (CO) merupakan pencemar yang diproduksi pada pembakaran bahan bakar karbon yang tidak sempurna, seperti pembakaran kayu, bensin, batu bara, gas alam, dan minyak tanah. Karbon monoksida dapat mengikat haemoglobin menghasilkan karbon haemoglobin dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Reduksi ini berakibat pada kapasitas darah pengangkut oksigen menurun. [10] Pada kasus keracunan gas CO seseorang dapat ditandai dengan gejala ringan berupa pusing atau sakit kepala, dan mual. Keadaan yang lebih berat berdampak pada menurunnya kemampuan gerak tubuh, gangguan pada sistem kardiovaskuler, serangan jantung sampai pada kematian.

**c. Pengukuran Kualitas Udara**

ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) yang ada di Indonesia telah di regulasikan oleh Peraturan Menteri LHK 2020 No. 14 dengan dikategorikan menjadi 5 kategori.

Kategori	Angka Rentang
Baik	1 – 50
Sedang	51 – 100
Tidak Sehat	101 – 200
Sangat Tidak Sehat	201 – 300
Berbahaya	≥ 301

Gambar 1 Kategori ISPU

$$I = \frac{(I_a - I_b)}{(x_a - x_b)} (x_x - x_b) + I_b \dots\dots\dots(1.1)$$

I = ISPU terhitung

I<sub>a</sub> = ISPU batas atas

- lb = ISPU batas bawah
- Xa = Konsentrasi ambient batas atas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Xb = Konsentrasi ambient batas bawah ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Xx = konsentrasi ambient hasil pengukuran ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**d. Material dan Bahan**

Pada penelitian ini terdapat beberapa komponen utama yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Arduino Mega 2560 Pro mini CH340 microUSB memiliki desain minimalis yang telah dilengkapi dengan komunikasi serial USB TTL CH340.
2. RTC DS3231 digunakan untuk menentukan jam sebagai time line record.
3. SIM800L merupakan modul GSM/GPRS yang dapat berfungsi sebagai alat untuk mengirimkan data sensor ke realtime databases Firebase.
4. LED Matrix P10 merupakan display yang digunakan sebagai papan informasi digital untuk menyampaikan informasi nilai sensor beserta pesan tentang pencemar udara.
5. Data Logger SD Card, yang digunakan sebagai back-up data ketika fungsi IoT bermasalah.
6. Google Firebase merupakan platform IoT yang dapat menyimpan data realtime dari suatu system IoT.
7. Sensor PM2.5 yang digunkana yaitu seri PMS5003 yang mampu menghitung konsentrasi partikel debu berukuran  $\leq 10\mu\text{m}$ ,  $\leq 2.5\mu\text{m}$ , hingga  $\leq 1\mu\text{m}$ . Data yang dihasilkan berupa data digital yang dikirim dalam bentuk serial.
8. Sensor CO dan NO2 (MICS6814), sensor MEMS (Micro Electro Mechanical System) yang kuat untuk mendeteksi polusi dari knalpot mobil dan untuk bau pertanian/industry [11].

**e. Alat Komparasi**

Smart-mi PM2.5 digunakan sebagai pembanding dari nilai PM2.5 yang terukur oleh alat yang dibangun. Mampu mengukur konsentrasi PM2.5 dengan batas aman yang dapat diukur adalah  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Smart Sensor dengan model AS8700A dapat mendeteksi kadar Karbon Monoksida dengan resolusi 1ppm dengan rentang pengukuran 1 sampai dengan 1000 ppm [12].

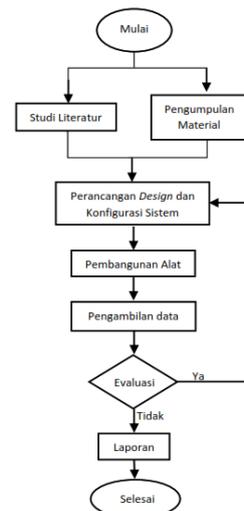
Dengan kemampuan impinger yang dapat mengukur konsentrasi NOx pada ambient, pada pengujian alat yang dibangun akan dikomparasikan dengan alat ukur impinger dengan metode SNI 7119-2:2017 [13] sebagai pembanding nilai pengukuran NO2.

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang dikembangkan adalah metode kuantitatif dengan menggunakan pendekatan Research and Development (R&D). Menurut Sugiyono (2015:297), “Research and Development merupakan sebuah model penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu”.

Dalam tahapan penyelesaian masalah nya penelitian ini menggunakan menggunakan tahapan ADDIE. Menurut Robert Maribe Branch. ADDIE (Analysis, Design, Develop, Implement, dan Evaluate).

Ada beberapa tahapan dalam rancang bangun alat ukur kualitas udara sebagai berikut.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

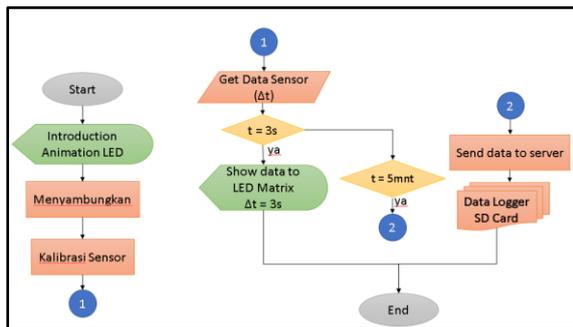
**a. Rancangan Desain**

Sistem pengukur kualitas udara ambient terdiri dari tiga unit sensor sebagai input, tiga jenis output, 1 mikrokontroler dan referensi ISPU digunakan sebagai nilai konversi dari sensor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) menjadi satuan resmi ISPU.



Gambar 3 Konfigurasi Sistem Alat Ukur Kualitas Udara

Adapun diagram alir (flowchart) konsep kerja perangkat yang dibangun yaitu sebagai berikut.



Gambar 4 Diagram Alir Konsep Kerja Perangkat

Perangkat pertama kali dioperasikan akan menampilkan display untuk menyampaikan informasi instansi pengembang alat “@te.umtas.ac.id” kemudian akan menyambungkan ke server Firebase oleh perangkat SIM800L.

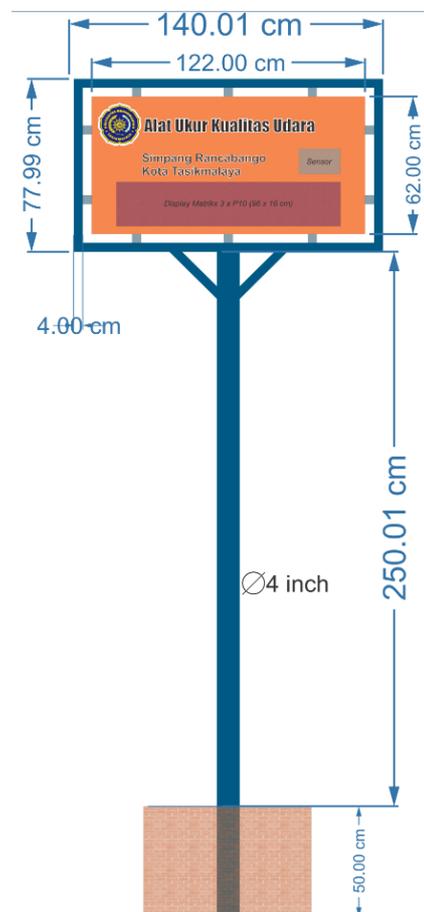
Setelah SIM800L dapat terhubung ke Firebase maka tahap selanjutnya adalah mengkalibrasi sensor MICS6814 dalam menentukan nilai resistansi dasar dari sensor tersebut.

Pada tahapan loop program yaitu setelah selesai melakukan kalibrasi, kemudian akan melakukan pengukuran kualitas udara beberapa parameter yang diukur. Pada interval waktu 3s akan melakukan update tampilan display. Setelah waktu mencapai 5 menit maka

kemudian mikrokontroler akan mengirim data sensor saat itu ke Firebase dan menyimpan data di SD Card.



Gambar 5 Pemodelan 3D Desain



Gambar 6 Desain Tiang Alat Ukur Kualitas Udara

Sistem informasi dibuat pada text yang ditampilkan oleh display dengan nilai sensor dan referensi dari ISPU untuk menentukan kategori kondisi kualitas udara pada saat itu.

$$\text{Text I} = \{ \text{PM2.5} == (\mu\text{g}/\text{m}^3) \}$$

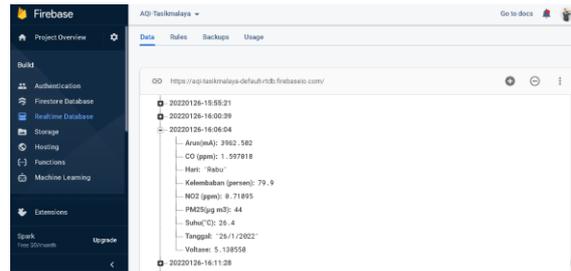
Text II = { NO2 == (ppm) }

Text II = { CO == (ppm) }

Text IV = { Nilai Kritis }

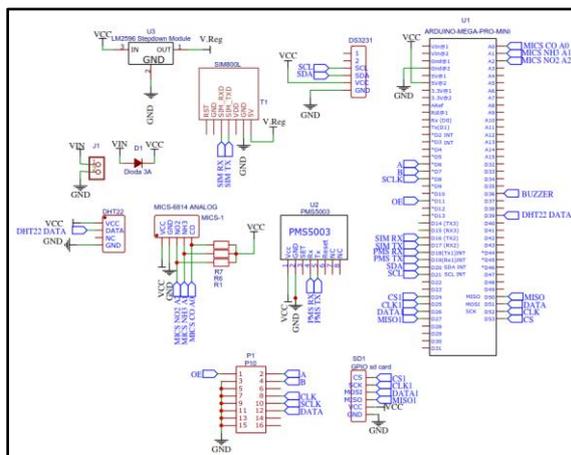
Text V = { Kategori berdasarkan ISPU }

Text VI = { Pesan berdasarkan kategori ISPU }



Gambar 9 Firebase Realtime Database

**b. Pengembangan Rancangan**

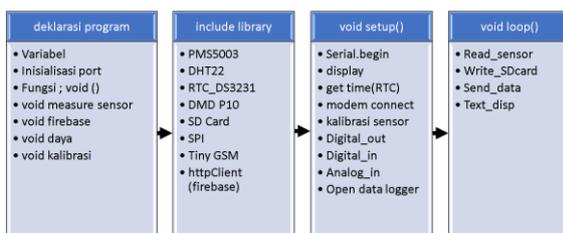


Gambar 7 Skematik Rangkaian Utama

Perangkat dibangun menjadi dua bagian utama dengan 1 sumber daya listrik yang tersimpan pada bagian belakang display matrix P10.



Gambar 10 Bagian utama perangkat kontroler dan sensor



Gambar 8 Blok Diagram Software

Beberapa persamaan, fungsi, dan variabel di deklarasikan dalam struktur keseluruhan program (global). Fungsi yang tersedia dalam dokumentasi program (library) disertakan untuk kemudian akan di panggil dalam struktur Void Setup dan Loop.

**c. Pembangunan Alat**

Realtime databases dibangun menggunakan platform Firebases dengan luaran database sensor berupa file dengan ekstensi (.json), sehingga data json dapat di akses dan di konversi dengan mudah menjadi file csv.



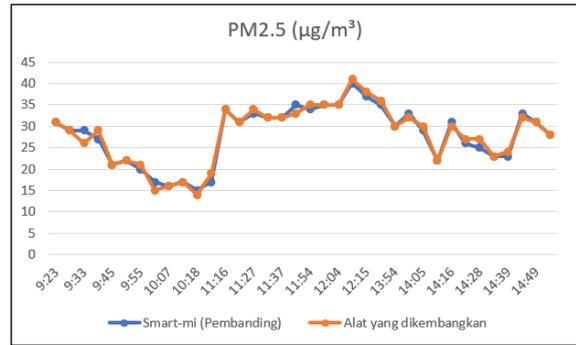
Gambar 11 Display Matrix 3 x P10

**d. Analisis Hasil Pengembangan**

Pengujian dilakukan untuk menguji ketahanan alat dari berbagai cuaca dan kondisi lingkungan yang terjadi. Pengujian selama 7 hari ini dilandasi dengan meninjau tingkat kesibukan aktivitas manusia yang berkontribusi dalam pencemaran udara. Adapun yang dikategorikan sebagai fungsi yaitu meliputi; realtime database, display, data logger, dan sensor.

Tabel 1 Pengujian Perangkat Dalam 7 Hari

Cuaca Cerah		Cuaca Berkabut		Hujan Ringan	
Fungsi	Anomali	Fungsi	Anomali	Fungsi	Anomali
Baik	-	Baik	-PM2.5 meningkat secara wajar dan sesuai	Baik	-
Hujan Sedang		Hujan Lebat		Hujan Ekstrem	
Fungsi	Anomali	Fungsi	Anomali	Fungsi	Anomali
Baik	-PM2.5 menurun	Baik	-PM2.5 meningkat ±25ug/m3 -Nilai Sensor MICS CO meningkat +1	Baik	-PM2.5 Meningkat ±30ug/m3 -Nilai Sensor MICS CO meningkat +4



Gambar 12 Pengujian Nilai PM2.5

Dari hasil pengamatan pengujian ketahanan alat, beberapa fungsi yang diamati berjalan sesuai dengan konfigurasi yang telah dibangun. Namun terdapat beberapa gejala kesalahan pengukuran dari sensor MICS6814.

Gejala yang terjadi pada sensor MICS6814 disebabkan oleh ruang penempatan komponen sensor tidak diperhatikan untuk tingkat kekeringan dan suhu pada ruang uji sampel nya.

**e. Pengujian Nilai Sensor**

Pengujian yang dilakukan yaitu berfokus pada perbandingan alat instrumen dengan instrumen lain yang dianggap sebanding (xbenar) dengan parameter yang akan dinilai. Nilai Kesalahan Sensor dapat menggunakan persamaan:

$$\%error = \frac{selisih}{Nilai sebenarnya} \times 100 \dots\dots\dots(3.1)$$

$$selisih = |x_{benar} - x_{sensor}| \dots\dots\dots [14]$$

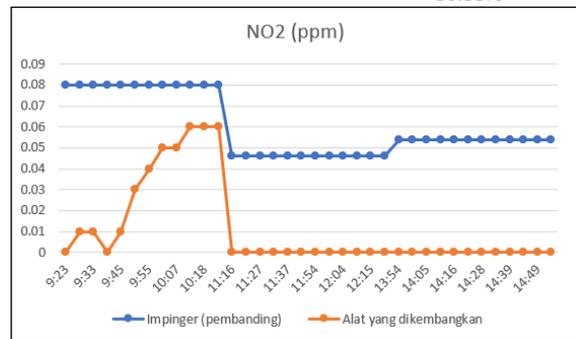
Pengujian dilakukan dengan memberikan sumber pencemar gas buang kendaraan bermotor dengan jarak 1meter pada interval waktu pengambilan sampling per-5 menit selama 1 jam dengan 3 kali pengulangan pengambilan sampel.

Nilai Tengah Galat Persentase Absolut [14] Partikulat Matter 2.5 (PM2.5)

$$Mape(Mean Absolut Percentage Error) = \frac{\sum_{n=1}^n |error_n|}{n} = 2.86\%$$

**Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)**

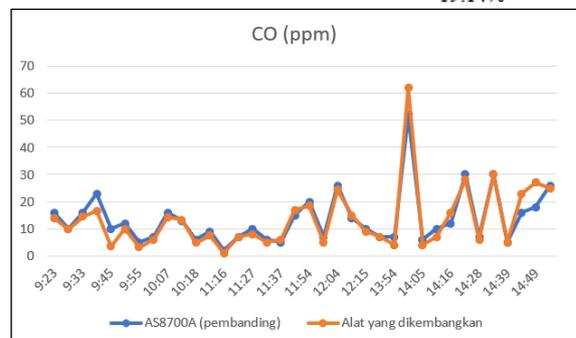
$$Mape(Mean Absolut Percentage Error) = \frac{\sum_{n=1}^n |error_n|}{n} = 86.81\%$$



Gambar 13 Pengujian Nilai NO2

**Karbon Monoksida (CO)**

$$Mape(Mean Absolut Percentage Error) = \frac{\sum_{n=1}^n |error_n|}{n} = 19.14\%$$



Gambar 14 Pengujian Nilai CO

Dari tabel pengujian diatas ditemukan nilai kesalahan yang cukup signifikan. Untuk parameter PM2.5 menghasilkan nilai kesalahan pengukuran sebesar 2.86% dengan parameter pembanding yaitu smart-mi PM2.5. Untuk parameter NO2 menghasilkan nilai kesalahan pengukuran yang sangat besar 86.81% dengan parameter pembanding yaitu Impinger. Sedangkan untuk pengukuran parameter CO menghasilkan nilai kesalahan pengukuran sebesar 19.14%. dengan parameter pembanding yaitu *Smart Sensor A8700A*.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berikut adalah kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan.

1. Alat ukur kualitas udara dapat dibangun menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan berfungsi dengan baik untuk melakukan beberapa perintah yang dimasukan meliputi pengukuran sensor, penampilan display, data logger, dan fungsi IoT (Firebase).
2. Alat ukur kualitas udara di desain untuk ruang terbuka, telah teruji selama 7 hari dengan semua fungsi dapat bekerja sesuai dengan program atau algoritma yang dibuat.
3. Parameter pencemar PM2.5 dapat diukur dengan baik menggunakan sensor PMS5003. Dengan nilai kesalahan yang dihasilkan sebesar 2.86%
4. Sensor MICS6814 terbukti dapat mendeteksi perubahan pencemar CO dengan nilai kesalahan yang dihasilkan masih cukup besar yaitu 19.14%. Kesalahan nilai yang cukup besar disebabkan karena beberapa keadaan dan yang paling mendasar adalah algoritma pemrograman yang belum maksimal dalam kalibrasi dan pengukuran.
5. Dengan algoritma pemrograman yang belum maksimal, parameter NO2 belum dapat dinyatakan teruji karena mendapatkan nilai kesalahan yang sangat besar.
6. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, untuk tingkat keberhasilan pembangunan yaitu 75%. Parameter PM2.5 dapat dibangun dengan baik menggunakan sensor PMS5003 untuk mengukur konsentrasi PM2.5 di ruang terbuka. Sedangkan penggunaan sensor MICS6814 belum dapat

dinyatakan berhasil dikarenakan mendapatkan nilai kesalahan yang besar.

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, penelitian selanjutnya dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai salah satu referensi dalam penelitian mendatang. Adapun saran yang dapat penulis sampaikan yaitu sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian yang lebih fokus terhadap pengujian dan pengkalibrasian sensor MICS6814 dalam menentukan algoritma pemrograman yang lebih akurat.
2. Desain konfigurasi alat ukur kualitas udara untuk ruang pengambilan sampel perlu diperhatikan dalam menjaga kekonsistenan sensor dalam melakukan pengukuran yang akurat.
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan sistem informasi digital berbasis website atau aplikasi agar fungsi IoT dapat lebih bermanfaat untuk pemantauan kualitas udara ambient.

## PUSTAKA ACUAN

- [1] M. Ferro, V. Paciello, A. Pietrosanto, and P. Sommella, "A distributed measurement system for the estimation of air quality," *IEEE Instrum. Meas. Mag.*, vol. 23, no. 5, pp. 51–56, Aug. 2020, doi: 10.1109/MIM.2020.9153575.
- [2] M. A. Fekih et al., "Participatory air quality and urban heat islands monitoring system," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 70, pp. 1–14, 2021, doi: 10.1109/TIM.2020.3034987.
- [3] Bamsoet, "Bamsoet apresiasi motor listrik BL-SEV 01 sukses touring Jakarta-Mandalika," *MPR*, 2021. <https://www.mpr.go.id/berita/Bamsoet-Apresiasi-Motor-Listrik-BL-SEV-01-Sukses-Touring-Jakarta-Mandalika>
- [4] Z. Liu, G. Wang, L. Zhao, and G. Yang, "Multi-points indoor air quality monitoring based on internet of things," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 70479–70492, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3073681.
- [5] A. H. Kuncoro, M. Mellyanawaty, A. Sambas, Subiyanto, D. S. Maulana, and M. Mamat, "Air quality monitoring system in the city of Tasikmalaya based on the internet of things (IoT)," *Jour Adv Res. Dyn. Control Syst.*, vol. 12, no. 2, pp. 2473–2479, 2020, doi: 10.5373/JARDCS/V12I2/S20201294.

- 
- [6] B. A. Sugiarto, A. S. M. Lumenta, B. S. Narasiang, and A. M. Rumagit, "Aplikasi Sensor Polusi Udara," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 3, pp. 193–200, 2019.
- [7] M. A. Zaidan et al., "Intelligent calibration and Virtual sensing for integrated low-cost air quality sensors," *IEEE Sens. J.*, vol. 20, no. 22, pp. 51–56, Nov. 2020, doi: 10.1109/JSEN.2020.3010316.
- [8] K. Prabowo and B. Muslim, "Penyehatan udara," *Kementrian Kesehat. Republik Indones. Pus. Pendidik. Sumber Daya Mns. Kesehat. Badan Pengemb. Dan Pemberdayaan Sumber Daya Mns. Kesehat.*, 2018.
- [9] C.-A. Factsheet, "Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>): Status and Trends in Asia," 2010.
- [10] B. N. Dewi, "Paparan gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan karbon monoksida (CO) di trotoar beberapa jalan Kota Surabaya." *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2018.
- [11] 1143 rev 8rtech SGX sensoMiCS-6814 Data Sheet, "MiCS-6814 Data Sheet, 1143 rev 8," pp. 1–5, 2017, [Online]. Available: [https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2015/02/1143\\_Datasheet-MiCS-6814-rev-8.pdf](https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2015/02/1143_Datasheet-MiCS-6814-rev-8.pdf)
- [12] S. Sensor, "Datasheet Manual book AS8700A," *Nuevos Sist. Comun. e Inf.*, pp. 2013–2015, 2021.
- [13] BSN, "Udara Ambien – Bagian 2 Cara Uji Kadar Nitrogendioksida (NO<sub>2</sub>) dengan Metoda Griess Saltzman menggunakan Spektrofotometer," *Standar Nas. Indones.*, vol. SNI 7119-2, no. 2, 2017.
- [14] Z. Soejoeti, "Analisis Runtun Waktu," *Jakarta Univ. Terbuka*, 1987.