



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kualitas Udara Portable berbasis Internet of Things (IoT)

Afit Miranto¹, Fikar Tsaqib Adnan²

^{1,2}Institut Teknologi Sumatera, Teknik Elektro, email: afit.miranto@el.itera.ac.id

Abstrak

Pada kehidupan sehari-hari udara yang berada di atmosfer memiliki berbagai macam bentuk seperti gas, partikel udara dan sebagainya. Salah satunya yang sering dihirup oleh manusia adalah oksigen. Akan tetapi dari berbagai macam partikel udara bisa dapat memberikan dampak buruk bagi Kesehatan yaitu infeksi saluran pernafasan apabila menghirup atau terpapar dengan jangka waktu diambang batas wajar yang telah ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pencegahan sebuah alat untuk mengetahui tingkat kualitas udara dan statusnya serta titik lokasi yang berada tersebut berukuran kompak dan mudah untuk dibawa. Sistem yang dibangun memiliki parameter pendeteksian pencemaran udara diantaranya partikulat matter, gas karbon monoksida dan nitrogen dioksida. Pada alat terdapat sistem yang dilengkapi oleh teknologi yaitu monitoring dengan terhubung cloud server secara real time. Dimana, data-data ini memperlihatkan nilai yang sudah diolah menjadi Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) serta data bisa dapat dibaca kembali tidak perlu khawatir. Pada permukaan alat tersebut menampilkan status kualitas udara parameter karbon monoksida, untuk data parameter lainnya dapat dilihat pada database cloud server. Fitur tambahan yang terdapat pada sistem ini yaitu dapat mengetahui lokasi alat yang telah dipasang dan nilai presentase kapasitas baterai yang tersedia. Setelah dilakukan pengujian pada alat, diperoleh nilai galat pada pembacaan sensor untuk masing-masing gas CO, NO₂, PM_{2.5}, suhu, kelembaban, tekanan adalah sebesar 2,26 %, 11,318 %, 4,567%, 4,138 %, 17,17 %, 0,036 %.

Kata kunci— CO, IoT, ISPU, Kualitas udara, NO₂, PM_{2.5}, Sensor.

Abstract

In everyday life, air in the atmosphere has various forms such as gas, air particles and so on. One of them that is often inhaled by humans is oxygen. However, various kinds of air particles can have a negative impact on health, namely respiratory tract infections if inhaled or exposed to a predetermined reasonable threshold period. Therefore, it is necessary to prevent a tool to determine the level of air quality and its status and the location point that is compact in size and easy to carry. The system that is built has air pollution detection parameters including particulate matter, carbon monoxide gas and nitrogen dioxide. In the tool there is a system equipped with technology, namely monitoring by connecting to the cloud server in real time. Where, these data show the value that has been processed into the Air Pollution Standard Index (ISPU) and the data can be read back without worrying. On the surface of the tool displays the status of the carbon monoxide parameter air quality, for other parameter data can be seen in the cloud server

database. Additional features contained in this system are being able to find out the location of the device that has been installed and the percentage value of the available battery capacity. After testing the tool, the error value on sensor readings for each CO, NO₂, PM_{2.5}, temperature, humidity, pressure gas is 2.26%, 11.318%, 4.567%, 4.138%, 17.17%, 0.036%.

Keywords: *Air Quality, CO, IoT, ISPU, NO₂, PM_{2.5}, Sensor.*

1. Pendahuluan

Udara merupakan komponen penting untuk kebutuhan makhluk hidup yang dapat ditingkatkan ataupun diturunkan dari segi kualitasnya. Segi Udara dikelompokkan menjadi dua bagian diantaranya adalah udara luar ruangan (*outdoor air*) dan udara dalam ruangan (*indoor air*). Kualitas udara dalam ruang sangat mempengaruhi terhadap manusia karena menyumbang nilai sebesar 90% hidup manusia yang berada dalam ruangan. berdasarkan *National Institut of Occupational Safety and Health* (NIOSH) 1997 yang dikutip Departemen Kesehatan Republik Indonesia tahun 2005, beberapa penyebab timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan pada umumnya disebabkan oleh kurangnya sirkulasi ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16%), Kontaminan dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan-bahan material bangunan (4%) dan lain-lain (13%) [1].

Kualitas udara dalam ruangan tidak dapat diprediksi karena ketentuannya bisa disengaja ataupun tidak sengaja oleh pemakai yang berada dalam ruangan tersebut. Sumber penyebab lainnya bisa berasal dari perabotan yang berada dalam ruangan seperti karpet, busa, AC dan sebagainya. Penghuni yang sudah berada dalam ruangan dengan waktu tidak sebentar sekurangnya periode satu jam dapat membawa berbagai zat mempengaruhi kesehatan manusia, Hasil pengaruhnya ini dapat membuat ketidaknyamanan penghuni dalam gangguan mengerjakan lingkungan ruang kerja dan gangguan kesehatan. Dampak negatif dari pencemaran udara dalam ruangan bagi kesehatan manusia terutama terhadap kontak langsung dengan udara yaitu iritasi selaput lendir, iritasi hidung, gangguan paru-paru dan pernafasan, gangguan neurotoksik, gangguan kulit, gangguan saluran pencernaan dan lain sebagainya [2][3].

Upaya dalam memantau dan mengetahui informasi kualitas udara dalam ruangan udara yang sesuai dengan standar pemerintah Indonesia dalam mengendalikan dan mencegah dampak negatif dari pencemaran kualitas udara, solusi dibutuhkan suatu sistem pemantauan kualitas udara yang dirancang untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan pengukuran parameter debu dan gas pencemaran udara antara lain nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), partikel debu (PM_{2.5}) dan titik koordinat secara *real time*. Pada parameter kualitas udara yang diukur dilakukan dengan menggunakan sebuah instrumentasi, dimana proses pendataan dilakukan secara manual dan pengukuran hanya bisa satu parameter, sehingga data yang direkam melalui pengukuran melalui instrumentasi tidak bisa didapatkan setiap saat hasilnya tidak dapat disimpan dengan baik. Saat ini berkembangnya konsep *Internet of Things* (IoT) dapat digunakan untuk menyimpan data melalui *cloud server* berupa data rekaman beberapa parameter kualitas udara [1][4][5][6].

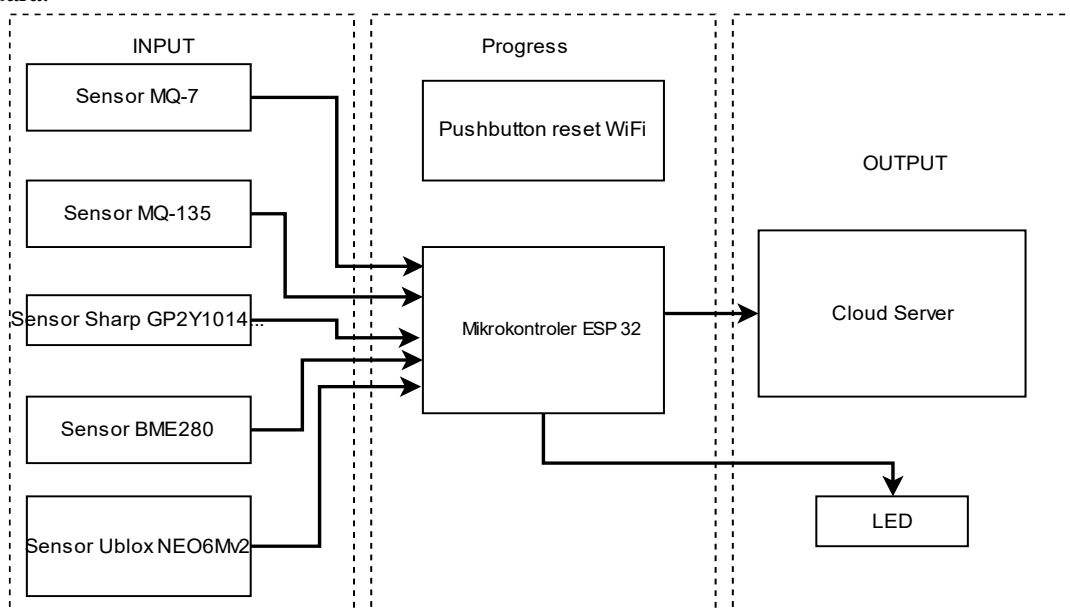
Teknologi IoT memiliki kemampuan salah satunya adalah mengirim data melalui jaringan internet dan dapat disimpan data melalui *cloud server* [7]. Parameter kualitas udara diperoleh dengan menggunakan sensor-sensor yang memungkinkan perangkat terintegrasi satu sama lain yang bukan komputer dengan syarat yaitu menggunakan jaringan internet [8]. Perangkat IoT memiliki

banyak fungsi antara lain mengirim data, menerima data, mengumpulkan data dan dapat saling tukar menukar data. IoT juga dapat digunakan untuk mendukung sistem monitoring [9][10]. Oleh karena itu, dibutuhkannya perangkat keras untuk pencegahan dalam mendeteksi daerah mana yang memiliki tingkat pencemaran udara yang tidak baik untuk kesehatan terutama gangguan pernafasan berfungsi menunjukkan informasi kualitas udara daerah tersebut dan upaya pencegahan. Beberapa rujukan penelitian terkait dengan penelitian ini adalah [1][4][5] dan [11]. Penelitian-penelitian tersebut menjelaskan bagaimana sensor yang mampu untuk mendeteksi kualitas udara dalam Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dan bagaimana menampilkan hasil yang diperoleh kedalam berbagai device seperti IoT.

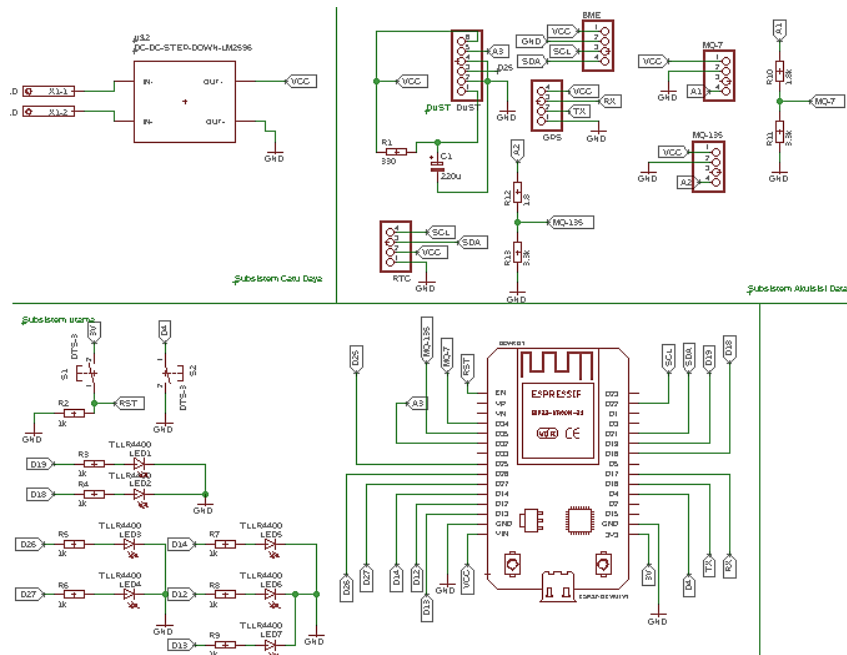
Berdasarkan permasalahan tersebut dirancanglah suatu perangkat yang dapat menampilkan bermacam-macam parameter dalam satu sistem, seberapa besar kemampuan perangkat keras mampu dalam mendeteksi tingkat kualitas udara tersebut serta terintegrasi dengan sistem IoT. Sistem yang dibangun menggunakan sensor gas yang disesuaikan pada standar Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) [12], yaitu sensor debu, sensor geolokasi, modul WiFi, *computer* dan *smartphone*. Sistem monitoring kualitas udara juga dapat digunakan dimanapun dan kapanpun dengan dikontrol melalui koneksi jaringan internet pada aplikasi *smartphone*.

2. Metode Penelitian

Sistem dari Air Quality Monitoring (AQMS) adalah sebuah sebagai suatu alat yang dapat mengetahui tingkat kualitas udara menggunakan sensor yang dapat mendeteksi gas pencemaran udara sesuai standar ISPU [12]. Perancangan dan implementasi alat yang ditunjukkan dalam diagram blok pada Gambar 1. Terdapat beberapa blok kotak menandakan terbagi tiga bagian input, progress dan output. Blok input adalah masukan yang berasal dari sensor-sensor yang dipakai. Blok progress adalah pengolahan data masukan yang berasal dari blok sebelumnya, hasil olahan data dibantu menggunakan mikrokontroler menjadi nilai ISPU dan status kualitas udara. Blok ketiga adalah output yang telah diolah akan dikirimkan melalui *cloud server* serta ditampilkan pada alat berupa nilai ISPU CO, NO₂, PM_{2.5}, *longitude*, *latitude* dan status kualitas udara.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem



Gambar 2. Skematik Perangkat Keras

Gambar 2. menunjukkan rangkaian skematik secara keseluruhan subsistem. Mikrokontroler ESP-32 sebagai pusat kontrol, sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar karbon monoksida CO di udara, Sensor MQ 135 untuk mendeteksi kadar gas NO2 di udara, sensor sharp GP2Y1014AU0F untuk mendeteksi partikel debu PM 2.5, sensor BME 280 untuk mendeteksi suhu, kelembaban dan tekanan udara, dan sensor Ublok Neo6Mv2 untuk geolokasi perangkat yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil implementasi alat ditunjukkan pada Gambar 3, alat ini berfungsi untuk *monitoring* atau pemantauan kualitas udara di dalam ruangan maupun diluar ruangan secara realtime berbasis *Internet of Things* (IoT). Terdapat sebuah LED yang memiliki fungsi untuk memberikan informasi mengenai kualitas udara pada alat yang telah diaktifkan kepada user akan tetapi hanya menampilkan status berupa parameter CO. Selain itu, fungsi lain LED untuk menginformasikan sistem alat sudah terhubung dengan jaringan WiFi atau tidak.



Gambar 3. Implementasi Alat

Setelah dilakukan implementasi selanjutnya yaitu melakukan pengujian terhadap kinerja sistem yang telah dibuat. Proses pengujian masing-masing subsistem yaitu catu daya, sensor, dan database.

3.1. Pengujian Catu Daya

Proses pengujian pada subsistem catu daya diperlukan untuk melakukan analisa apakah terjadinya kekurangan atau kelebihan tegangan dan arus sekaligus proses verifikasi yang dibutuhkan setiap komponen untuk keseluruhan sistem. Pada pengujian subsistem catu daya, digunakan baterai 18650 yang diparalelkan sebanyak dua buah dengan kapasitas baterai 6000 mAh merupakan supply utama pada sistem alat. Pada baterai dapat diketahui waktu lama pemakaian perangkat sistem saat operasi dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\frac{\text{Kapasitas (Capacity)}}{\text{Beban Arus (Load)}} = \text{Waktu (time)} \quad (1)$$

$$\frac{6000 \text{ mAh}}{453,89 \text{ mA}} = 13,219 \text{ h}$$

Berikut Tabel 1. menunjukkan hasil lengkap pengukuran tegangan dan arus pada setiap komponen yang dipakai ketika sistem berjalan.

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan dan arus

No	Komponen	Tegangan (V)	Operasi	
			Arus (ma)	Daya (mW)
1	ESP32	5,108	121,2	619,0896
2	GPS neo-6m	5,103	62,5	318,9375
3	BME-280	5,099	0,57	2,90643
4	MQ-7	5,041	121,9	614,4979
5	MQ-135	4,957	129,5	641,9315
6	Dust-sensor	5,118	0,88	4,50384
7	LED 1	2,82	1,77	4,9914
8	LED 2	1,908	3,99	7,61292
9	LED 3	2,541	1,79	4,54839
10	LED 4	2,805	1,15	3,22575
11	LED 5	2,189	3,22	7,04858
12	LED 6	1,936	3,25	6,292
13	LED 7	3,015	2,17	6,54255
Total		47,64	453,89	2242,12836

Data pengukuran yang didapat pada multimeter diatas dengan spesifikasi tegangan rata-rata 1,9 V - 5,2 V DC dan konsumsi daya sistem saat dinyalakan 2242,12836 mW atau 2,2242 W. Nilai beban arus dapat dikalkulasikan pada Tabel 1 yaitu 453,89 mA atau 0,453 A. Pada proses pengujian perangkat dalam pemakaian baterai waktu yang dibutuhkan dalam proses pengosongan kapasitas kurang dari 8 jam, saat dikalkulasikan dengan perhitungan yang telah diukur arusnya adalah 13,219 jam.

3.2. Pengujian sensor gas CO MQ-7

Pengujian pertama yang dilakukan pada subsistem akuisisi data adalah menguji hasil pembacaan yang dilakukan oleh sensor MQ-7 terkait fungsi pemantauan deteksi konsentrasi kadar gas karbon

monoksida. Berikut Tabel 2. adalah menunjukkan hasil pengujian kalibrasi konsentrasi gas CO sebanyak sepuluh kali pengujian.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kalibrasi Gas CO

Pengujian Ke-	Pengukuran (ppm)	Sensor (ppm)	Selisih (ppm)	Galat (%)
1	5,991	6,07	0,079	1,318644634
2	3,034	3,03	0,004	0,1318391562
3	5,498	5,64	0,142	2,582757366
4	4,907	4,61	0,297	6,05257795
5	4,611	4,55	0,061	1,322923444
6	4,611	4,57	0,041	0,8891780525
7	3,625	3,78	0,155	4,275862069
8	4,611	4,5	0,111	2,407286923
9	3,231	3,28	0,049	1,516558341
10	3,33	3,26	0,07	2,102102102
	Rata-rata			2,259973004
	Akurasi			97.740

Berdasarkan hasil pengujian menghasilkan pembacaan sensor gas karbon monoksida dan pengukuran menggunakan AQMS PT. KIEC ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai galat disebut nilai error dengan menggunakan Persamaan 2 yaitu nilai mutlak dari selisih antara pengukuran dan pembacaan sensor dibagi dengan hasil pembacaan sensor kemudian dikalikan dengan 100%, persamaan untuk menghitung galat.

$$Galat = \left| \frac{Hasil Pengukuran - Hasil Sensor}{Hasil Pengukuran} \right| \times 100\% \quad (2)$$

$$Rata - rata = \sum \frac{x1 + x2 + x3 + \dots + xn}{n} \quad (3)$$

$$Akurasi = 100\% - galat \quad (4)$$

Pada Tabel 2 menghasilkan nilai galat untuk pendeteksian konsentrasi gas CO rata-rata 2,26 % yang berasal dari Persamaan 3, Nilai akurasi dalam pendeteksian gas CO adalah 97,40% yang didapatkan dari Persamaan 4. Persamaan 5 adalah penurunan rumus menggunakan persamaan eksponensial yang berasal dari datasheet MQ-7 [13]. Kemudian dari persamaan tersebut pengujiannya mencari nilai PPM yang nantinya disamakan dengan pengukuran alat AQMS PT. KIEC.

$$PPM = 98.682181 \times \frac{RS^{-1.5363}}{Ro} \quad (5)$$

3.3. Pengujian sensor gas NO2 MQ-135

Pengujian kedua yang dilakukan pada subsistem akuisisi data adalah menguji hasil pembacaan yang dilakukan oleh sensor MQ-135 terkait fungsi pemantauan deteksi gas nitrogen dioksida. Berikut Tabel 3. adalah menunjukkan hasil pengujian kalibrasi konsentrasi gas CO sebanyak sepuluh kali pengujian.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kalibrasi Gas NO₂

Pengujian ke-	Pengukuran (ppm)	Sensor (ppm)	Selisih (ppm)	Galat (%)
1	0,012	0,0126	0,0006	5
2	0,011	0,0101	0,0009	8,181818182
3	0,011	0,0119	0,0009	8,181818182
4	0,011	0,0131	0,0021	19,09090909
5	0,011	0,0126	0,0016	14,54545455
6	0,011	0,0126	0,0016	14,54545455
7	0,011	0,0119	0,0009	8,181818182
8	0,011	0,0128	0,0018	16,36363636
9	0,011	0,0105	0,0005	4,545454545
10	0,011	0,0126	0,0016	14,54545455
Rata-rata	11,31818182			
Akurasi	88.682			

Berdasarkan hasil pengujian menghasilkan pembacaan sensor gas nitrogen dioksida dan pengukuran menggunakan AQMS PT. KIEC ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai galat untuk pendeteksian konsentrasi gas NO₂ rata-rata yang dibulatkan didapatkan 11,318%, Nilai akurasi dalam pendeteksian gas NO₂ sebesar 88.682 %. Persamaan 6 adalah penurunan rumus menggunakan persamaan eksponensial yang berasal dari datasheet mq-135[14].

$$PPM = 10^{(\log(Rs/Ro)-0.0754)/0.754} \quad (6)$$

3.4. Pengujian sensor debu PM_{2.5} GP2Y1014AU0F

Pengujian Ketiga yang dilakukan pada subsistem akuisisi data adalah menguji hasil pembacaan yang dilakukan oleh sensor Sharp GP2Y1014AU0F terkait fungsi pemantauan debu halus berukuran kurang dari dua mikron. peneliti melakukan kalibrasi menggunakan karakteristik dari sensor Sharp GP2Y1014AU0 melalui datasheet [15]. Didapatkan persamaan untuk menentukan kalibrasi yaitu $y = 0,172 * x - 0,099$ yang kemudian menghitung kadar dengan diinisiasikan y sebagai tegangan adc yang kemudian dikalian 0,1. Berikut Persamaan 7 yang dihasilkan menunjukkan nilai PM 2.5.

$$pm2.5 = 0,17(0,172 * x - 0,099) \quad (7)$$

Tabel 4. Hasil Pengujian Kalibrasi Gas PM_{2.5}

Dust density datasheet (ug/m ³)	Output Voltage datasheet (V)	Pengukuran sensor Dust Density	Pengukuran sensor Output Voltage	Selisih Dust Sensity	Galat (%)
0	0,5	0,02	0,521	0,02	0,02
0,1	1,1	0,0976	1	0,0024	2,4
0,2	1,7	0,198	1,72	0,002	1
0,3	2,3	0,275	1,98	0,025	8,333333333
0,4	2,9	0,437	2,83	0,037	9,25
0,5	3,5	0,532	3,2	0,032	6,4
		Rata-rata			4,567222222
		Akurasi			95,433

Setelah melakukan kalibrasi ulang melalui proses verifikasi dengan datasheet ditunjukkan pada Tabel 4. Nilai galat yang dihasilkan untuk pendeteksian debu rata-rata yang dibulatkan didapatkan 4,567. Nilai akurasi dalam pendeteksian debu PM_{2.5} sebesar 95,433%.

3.5. Pengujian Sensor Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara BME280

Pengujian keempat yang dilakukan pada subsistem akuisisi data adalah menguji hasil pembacaan yang dilakukan oleh sensor BME280 terkait fungsi pemantauan suhu, kelembaban dan tekanan udara.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kalibrasi Suhu

Pengujian ke-	Pengukuran (oC)	Sensor (oC)	Selisih (oC)	Galat (%)
1	31	32,89	1,89	6,096774194
2	31	32,97	1,97	6,35483871
3	31	33,37	2,37	7,64516129
4	31	33,09	2,09	6,741935484
5	31	32,95	1,95	6,290322581
6	31	31,81	0,81	2,612903226
7	31	31,2	0,2	0,6451612903
8	30	30,89	0,89	2,966666667
9	30	30,47	0,47	1,566666667
10	30	29,86	0,14	0,466666667
Rata-rata				4,138709677
Akurasi				95,861

Tabel 6. Hasil Pengujian Kalibrasi Tekanan

Pengujian ke-	Pengukuran (mbar)	Sensor (mbar)	Selisih (mbar)	Galat (%)
1	1006,9	1007,24	0,34	0,03376700765
2	1007	1007,26	0,26	0,02581926514
3	1007	1007,31	0,31	0,03078450844
4	1007	1007,34	0,34	0,03376365442
5	1007	1007,34	0,34	0,03376365442
6	1007,1	1007,35	0,25	0,02482375137
7	1006,9	1007,4	0,5	0,04965736419
8	1006,9	1007,38	0,48	0,04767106962
9	1007	1007,47	0,47	0,04667328699
10	1007,2	1007,52	0,32	0,03177124702
Rata-rata				0,03584948093
Akurasi				99,964

Tabel 7. Hasil Pengujian Kelembaban

Pengujian ke-	Pengukuran (% mmhg)	Sensor (% mmhg)	Selisih (% mmhg)	Galat (%)
1	70	53,08	16,92	24,17142857
2	71	52,21	18,79	26,46478873
3	70	50,02	19,98	28,54285714
4	65	49,69	15,31	23,55384615
5	61	52,12	8,88	14,55737705
6	62	54,61	7,39	11,91935484
7	61	55,71	5,29	8,672131148
8	63	57,67	5,33	8,46031746
9	70	58,72	11,28	16,11428571
10	66	60,97	5,03	7,621212121
Rata-rata				17,00775989
Akurasi				82,992

Berdasarkan hasil pengukuran menghasilkan pembacaan sensor BME280 untuk suhu, kelembaban dan tekanan udara dalam pengukuran menggunakan AQMS PT. KIEC sebagai kalibrasi alat pengukuran suhu yang ditunjukkan pada Tabel 5. Pada Tabel Nilai galat yang dihasilkan untuk pendeteksian suhu rata-rata yang dibulatkan didapatkan 4,138 Nilai pendeteksian akurasi suhu sebesar 95,861%. Pada Tabel 6 menunjukkan nilai galat yang dihasilkan untuk pendeteksian tekanan udara rata-rata yang dibulatkan didapatkan 0,036%. Nilai

pendeteksian akurasi tekanan udarasebesar 99,964%. Pada Tabel 7 menunjukkan nilai galat yang dihasilkan untuk pendeteksian kelembaban rata-rata yang dibulatkan didapatkan 17,01%. Nilai pendeteksian akurasi kelembaban sebesar 82,992%.

3.6. Pengujian sensor sensor geolokasi Ublox GY-NE06Mv2

Pengujian sensor geolokasi ini untuk membandingkan titik koordinat dari sensor geolokasi dengan titik koordinat sensor geolokasi smartphone hasil perolehannya akan diplot pada layanan Google Maps dilihat selisih jarak antar titik koordinat Hasil perbandingan dapat dilihat Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perbandingan titik koordinat sensor geolokasi alat dengan sensor geolokasi smartphone.

Pengujian ke-	Sensor Geolokasi alat		Sensor Geolokasi Smartphone		Selisih Jarak (m)
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
1	-5.3647203	105.29717	-5.364705	105.29719	2
2	-5.3647056	105.29718	-5.364704	105.29718	1
3	-5.3646946	105.29716	-5.364704	105.29719	3
4	-5.364694	105.29717	-5.364702	105.29719	2
5	-5.364681	105.29718	-5.364705	105.29718	0
6	-5.364712	105.29717	-5.364703	105.29717	1
7	-5.3647103	105.29717	-5.364702	105.29719	2
8	-5.364694	105.29717	-5.364704	105.29719	2
9	-5.364687	105.29718	-5.364703	105.29719	0
10	-5.364725	105.29719	-5.364704	105.29719	0

Berdasarkan Tabel 8, hasil perbandingan antara kedua titik koordinat tidak memiliki selisih jarak yang terlalu besar. Selisih jarak paling tinggi yaitu pada pengujian ke-3. Hal tersebut disebabkan sinyal GPS di dalam ruangan lebih sulit didapatkan karena terhalang oleh material bangunan yang bersifat distortif terhadap sinyal *elektromagnetik*.

3.7. Pengujian Fungsi Keseluruhan Sistem



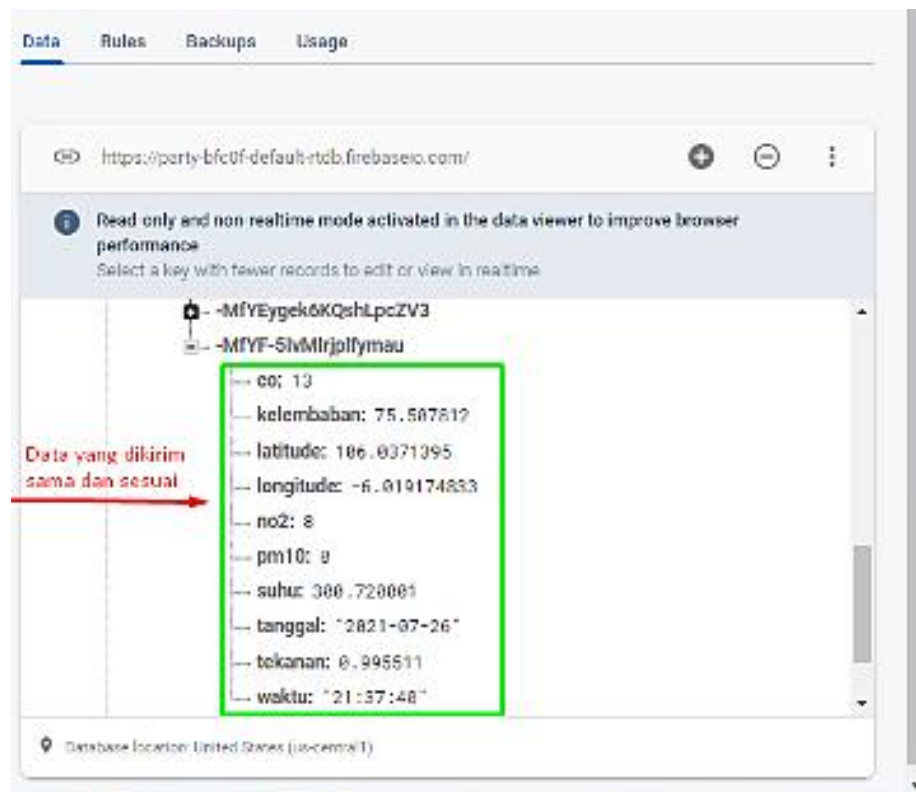
Gambar 4. Pengujian kualitas udara ISPU

Hasil pengujian kualitas udara ISPU CO sebagai mengetahui informasi kondisi kualitas udara yang telah diukur pada sensor CO berupa LED mewakili status kualitas udara dikontrol menggunakan mikrokontroler ESP32 sudah dapat berjalan dengan baik. Status kondisi lampu aktif terbagi 5 status yang mewakili status kualitas udara CO diantaranya adalah pertama status baik saat nilai range ISPU 0-50 diwakili lampu LED berwarna hijau. Kondisi kedua status kualitas udara sedang saat nilai ISPU dengan range berkisar 51-100 yang diwakili lampu LED berwarna biru. Kondisi ketiga status kualitas udara tidak sehat saat nilai ISPU CO dengan range 101-200 yang diwakili lampu LED berwarna *orange*. Kondisi keempat status kualitas udara sangat tidak sehat saat nilai ISPU CO dengan range 201-300 yang diwakili lampu LED berwarna merah. Terakhir kondisi kelima status kualitas udara tidak sehat saat nilai ISPU CO dengan lebih dari 300 yang diwakili lampu LED berwarna *Red-Green-Blue* (RGB). Warna lampu LED disesuaikan

dengan peraturan ISPU, tapi untuk status kualitas udara berbahaya. Pada pengujian kondisi lampu ini hanya berlaku untuk CO, untuk parameter lainnya seperti NO₂, PM_{2.5} status kualitas udara tidak mewakili dengan lampu LED karena terbatasnya pada pin input/output mikrokontroler ESP32.

3.8. Pengujian Database

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah data yang dikirimkan oleh subsistem utama telah sesuai dengan yang diterima pada Firebase Realtime Database. Data yang dikirimkan berupa nilai ISPU CO, NO₂, dan partikel PM_{2.5}. Selain itu, terdapat juga parameter tanggal dan waktu pendeteksian, suhu, kelembaban dan tekanan udara, serta nilai longitude dan latitude. Gambar 13 menunjukkan tampilan serial monitor ketika berhasil mengirimkan data pendeteksian ke *Firebase Realtime Database*.



Gambar 5. Tampilan data yang terkirim ke database

Kesimpulan

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mendeteksi kualitas udara dan status sesuai ISPU. Status kualitas udara diwakili dengan berbahaya, sangat tidak sehat, tidak sehat, sedang dan baik. Pendeteksian parameter CO, NO₂, PM_{2.5}, suhu, tekanan, dan kelembaban udara memiliki tingkat akurasi yang masing-masing sebesar 97,74%, 88,682%, 95,433%, 95,861%, 99,964%, 82,992%. Sensor geolokasi memiliki jarak selisih sekitar 2 meter. Pembacaan akuisisi data sensor pada sistem yang telah dibuat telah berhasil terkirim dan simpan pada *cloud server*.

Daftar Pustaka

- [1] R. N. Lesmana and Y. Rahayu, "Membangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Dalam Ruangan Dengan Mengaplikasikan Sensor CO, O₃, PM₁₀ Berbasis LabVIEW," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan* 2016.
- [2] M. J. S. Mulia, *Rancang Bangun Pemantau Kualitas Pencemaran Udara Menggunakan Sensor di Industri Gula Berbasis Android*. repository.ppns.ac.id, 2019.
- [3] E. Wulandari, "Faktor yang berhubungan dengan keberadaan Streptococcus di udara pada rumah susun Kelurahan Bandarharjo Kota Semarang Tahun 2013," *Unnes Journal of Public Health*, 2013.
- [4] P. Maduranga, "(PDF) Design of an IoT based indoor air quality monitoring system," no. January 2020, 2021.
- [5] M. Bashori, *Penerapan Indeks Standar Pencemaran Udara (Ispu) Pada Sistem Pemantau Kualitas Udara Otomatis Berbasis Internet of Things*. repository.ppns.ac.id, 2020.
- [6] F. Doles, *Rancang Bangun Sistem Pemantau Indeks Kualitas Udara PM_{2.5}, PM₁₀ dan CO Berbasis Internet of Things*. repository.uksw.edu, 2022.
- [7] D. Likuisa, *Sistem Pemantau Kualitas Udara Berbasis Internet of Things*. eprints.uty.ac.id, 2019.
- [8] M. I. Munabbih, E. D. Widiyanto, and ..., "Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara menggunakan Arduino dan LoRa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel," *Transm. J. Ilm* download.garuda.kemdikbud.go.id, 2020.
- [9] J. Jo, "Development of an IoT-Based indoor air quality monitoring platform," *J Sens*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8749764.
- [10] B. Prayitno and P. Palupiningsih, *Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things*. jurnal.itpln.ac.id, 2019.
- [11] S. A. Shamsuddin, W. R. N. Awal, M. R. M. Dahalan, A. S. Shamsuddin, and W. M. Dahalan, "Monitoring Air Quality Using an IoT-Enabled Air Pollution System on Smartphones BT - Advanced Maritime Technologies and Applications," A. Ismail, W. M. Dahalan, and A. Öchsner, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 249–264.
- [12] B. P. D. Lingkungan, "Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara." Jakarta: Kepala Badan ..., 1998.
- [13] H. Henan, "MQ-7 Gas Sensor Datasheet," vol. 2006.
- [14] Olimex, "Technical Data Mq135 Gas Sensor," *Hanwei Electronics Co.,Ltd*, vol. 1, p. 2, 2012, [Online]. Available: <http://www.hwsensor.com>
- [15] "1905131608_Sharp-Microelectronics-GP2Y1014AU0F_C390729.pdf."