

Rancang Bangun dan Analisis Sistem IoT untuk Pemantauan Kualitas Udara di Taman Skoda, Republik Ceko

Muhammad Nur Faizi¹ and Adlian Jefiza, S.Pd., M.T²

Batam Polytechnics
Electrical Engineering study Program
Parkway Street, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
E-mail: nurfaiz2288@gmail.com

Batam Polytechnics
Electrical Engineering study Program
Parkway Street, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
E-mail: adlianjefiza@polibatam.ac.id

Abstrak

Kualitas udara di area publik hijau, seperti taman kota, memainkan peran penting dalam menjaga kesehatan masyarakat. Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan kualitas udara secara real-time, yang menghasilkan pengumpulan data yang lebih cepat dan akurat. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis IoT yang dapat memantau faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, konsentrasi gas (termasuk karbon dioksida dan karbon monoksida), serta partikel debu (PM10) di dalam taman kota. Penelitian ini menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, sensor MQ135 untuk mendeteksi karbon dioksida, sensor MQ7 untuk mengidentifikasi karbon monoksida, dan sensor GP2Y untuk memantau partikel debu, semua terhubung ke platform ThingsBoard untuk pemantauan online dan pengiriman data. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem secara efektif mencatat suhu antara 16-20°C, tingkat kelembapan 27-30%, pembacaan karbon dioksida antara 398-401 ppm, tingkat karbon monoksida antara 6-7 ppm, dan PM10 antara 11-14 µg/m³. Deviasi suhu tercatat sebesar 0,8337 °C, kelembapan memiliki kesalahan 2,37%, dan pasokan daya menunjukkan kesalahan rata-rata 2,64%. Setiap data ditransmisikan dan ditampilkan dengan status “Baik” di platform ThingsBoard, menunjukkan bahwa sistem dapat memantau kualitas udara secara andal dan efisien. Temuan ini diproyeksikan sebagai solusi yang layak untuk pemantauan berkelanjutan kualitas udara di ruang hijau perkotaan.

Kata Kunci: Internet of Things, pemantauan kualitas udara, sensor, taman kota, real-time.

Abstract

The quality of air in green public areas, like urban parks, plays a vital role in safeguarding community health. Utilizing Internet of Things (IoT) technology offers a means to monitor air quality in real-time, which leads to quicker and more precise data gathering. This study aims to create a system based on IoT that can track environmental factors such as temperature, humidity, gaseous concentrations (including carbon dioxide and carbon monoxide), as well as dust particles (PM10) within urban parks. This research adopts DHT22 sensors for measuring temperature and humidity, MQ135 sensors for detecting carbon dioxide, MQ7 sensors for identifying carbon monoxide, and GP2Y sensors for monitoring dust particles, all linked to the ThingsBoard platform for online

observation and data relay. Experimental findings indicated that the system effectively registered temperatures ranging from 16-20°C, humidity levels at 27-30%, carbon dioxide readings between 398-401 ppm, carbon monoxide levels between 6-7 ppm, and PM10 between 11-14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Deviasi for the temperature was recorded at 0.8337 °C while humidity had an error of 2.37%, and the power supply exhibited an average error of 2.64%. Every piece of data was accurately transmitted and presented on the ThingsBoard platform with a “Good” status, showing that the system can reliably and efficiently monitor air quality. These findings are projected to serve as a viable solution for the ongoing observation of air quality in urban green spaces.

Keywords: Internet of Things, air quality monitoring, sensors, city parks, real-time.

1. Pendahuluan

Manusia harus dapat memanfaatkan teknologi yang saat ini tersedia dan tetap up to date dengan kemajuan yang berkelanjutan sebagai pengguna teknologi. Dalam banyak hal, mengadopsi teknologi baru membuat hidup lebih mudah bagi orang-orang. Hal ini sangat penting untuk mencegah generasi mendatang tertinggal dalam menghadapi kemajuan teknologi. Akibatnya, teknologi dapat berkembang lebih jauh seiring dengan generasi baru yang menggantikan generasi lama. Di antara strategi adaptasi termasuk mempromosikan kecerdasan manusia, tidak hanya dengan menyelidiki ide-ide baru tetapi juga dengan memanfaatkan teknologi saat ini untuk menyederhanakan tugas sehari-hari, seperti pemantauan taman jarak jauh. [1] [3] [5]

Perkembangan signifikan yang telah mengubah berbagai sektor, seperti teknologi informasi, adalah Internet of Things (IoT). IoT memungkinkan perangkat elektronik yang terhubung untuk membentuk jaringan yang memfasilitasi berbagi data secara efisien dan instan. Salah satu aplikasi utama IoT, pemantauan real-time, telah merevolusi cara kita memahami dan mengelola informasi di berbagai bidang, termasuk manufaktur dan kesehatan. Pengamatan real-time telah menjadi elemen penting dalam teknologi informasi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan standar layanan. Internet of Things memungkinkan pengamatan langsung terhadap berbagai faktor yang saling terkait melalui perangkat terhubung yang secara terus-menerus mengirimkan data. Hal ini menghasilkan pemahaman yang lebih baik tentang situasi saat ini, yang pada gilirannya memudahkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat.[2]

[9] [10] [11] [12] [14]

Sebagai elemen kunci dari ruang hijau di lingkungan perkotaan, taman kota memainkan peran penting dalam melindungi lanskap alam, yang sangat penting untuk keberlanjutan perkotaan. Selain itu, warga setempat memanfaatkan taman kota untuk berbagai kegiatan rekreasi. Keberadaan taman kota memiliki arti yang sangat penting di kawasan metropolitan, terutama karena dampaknya dan keuntungannya dalam meningkatkan kondisi lingkungan di dalam kota.[3] Kualitas udara di taman kota sangat penting untuk menghindari dampak negatif terhadap kesehatan dan memastikan udara tersebut layak untuk pernapasan manusia. Atmosfer mengandung konsentrasi tinggi karbon dioksida, mikroorganisme, dan berbagai zat lainnya. Mengingat perbedaan yang signifikan antara polusi di dalam dan di luar ruangan, mengenali kualitas udara di sekitar kita, terutama di dalam bangunan, sangatlah penting [4]. Standar kualitas udara dari European Environment Agency (EEA) menetapkan bahwa konsentrasi PM₁₀ tidak boleh melebihi 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO₂ tidak boleh melebihi 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per jam, CO dibatasi pada rata-rata maksimum harian 10 mg/m³; sedangkan CO₂ berada dalam kisaran normal 250–500ppm untuk luar ruangan.[5] [16] [15] [17] [24].

Pada penelitian sebelumnya rancang bangun sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dilakukan oleh Rodhotul Muttaqin, Wasi Sakti Wiwit Prayitno, Natalia Erna Setyaningsih dan Upik Nurbaiti pada tahun 2024 menggunakan sensor DHT22 dan MQ135 lalu ESP32 sebagai pemroses data serta pengirim informasi ke blynk cloud. Blynk cloud akan menampilkan data sensor secara realtime [6]. Pada penelitian ini terdapat sebuah kekurangan, yaitu sensor yang digunakan

hanya DHT22 dan MQ135 sehingga terdapat parameter penting lainnya yang tidak dapat diukur. Penelitian ini juga dilakukan oleh Diel Din, Zulfajri Basri Hasanuddin, dan Samuel Panggalo pada tahun 2024 menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135 dalam mendeteksi kadar polutan, lalu WEMOS D1 mini sebagai pemrosesan data. Data dari sistem akan terintegrasi dan ditampilkan melalui platform Thingspeak dan Website. Pada penelitian ini terdapat kekurangan yaitu thingspeak memiliki delay yang tinggi dengan nilai bervariasi 1-14 detik [7]. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Fredy Agung Dwi Cahyono dan Denny Irawan pada tahun 2024 menggunakan sensor GP2Y1010AU0F, MQ-7 dan MQ-2 lalu ESP32 sebagai pemrosesan data yang mana data akan dikirim dan ditampilkan pada webserver, kekurangan dari penelitian ini yaitu terdapat parameter penting lainnya yang tidak dapat diukur dan tampilan pada web server yang tidak user friendly [8]. [20] [21] [22] [23]

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis bermaksud untuk mengembangkan sistem untuk memonitoring kualitas udara menggunakan sensor untuk mengukur PM10, CO2, NO2, suhu, dan kelembaban. Dengan memanfaatkan teknologi IOT (Internet Of Thing) diharapkan mampu memberi solusi sehingga kualitas udara pada taman dapat mudah dimonitoring secara online dan realtime menggunakan aplikasi Thingsboard.

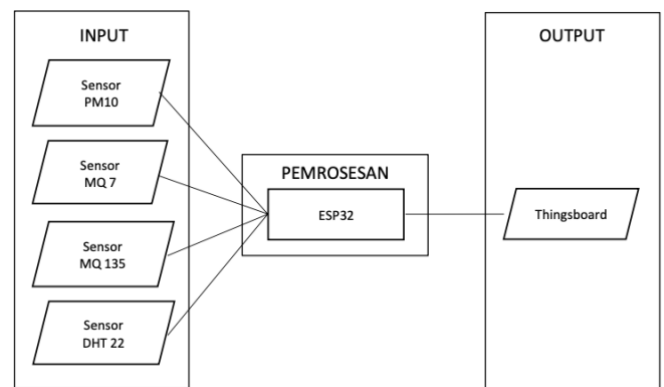
2. Metode

Pada perancangan sistem, ada dua hal yang perlu dilakukan yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras (*hardware*) berkaitan dengan elektrik dan mekanikal, kemudian perancangan perangkat lunak (*software*) berkaitan dengan pemrograman untuk *fuzzy logic*, sistem yang akan dibuat, dan juga *website*.

A. Perancangan Sistem

Berdasarkan Gambar 1 di bawah ini diagram blok sistem pada penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input, sistem menggunakan beberapa sensor, yaitu

sensor DHT22, sensor PM10, sensor MQ135, dan sensor MQ7. Selanjutnya, pada bagian proses, terdapat mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk menerima data dari sensor, kemudian memproses serta menganalisisnya sebelum diteruskan ke platform ThingsBoard. Terakhir, pada bagian output, data hasil pembacaan sensor ditampilkan secara online melalui dashboard ThingsBoard sehingga dapat dipantau secara real-time.

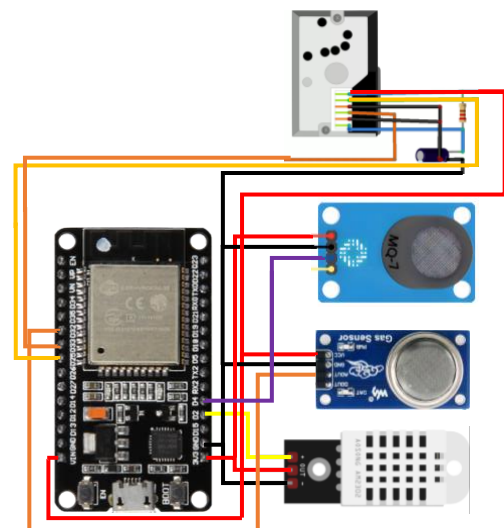


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

B. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

1) Perancangan Elektrikal

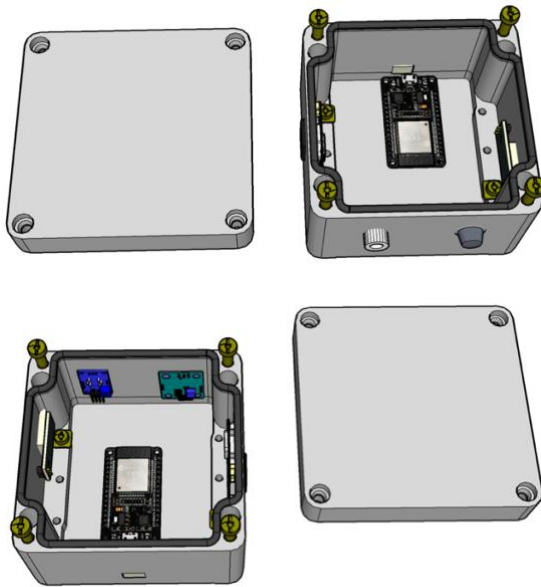
Sistem elektrik pada gambar 2 dirancang dengan beberapa komponen, yaitu ESP32, sensor DHT22, Sensor PM10, Sensor MQ135, dan Sensor MQ7.



Gambar 2. Perancangan Elektrikal

2) Perancangan Mekanikal

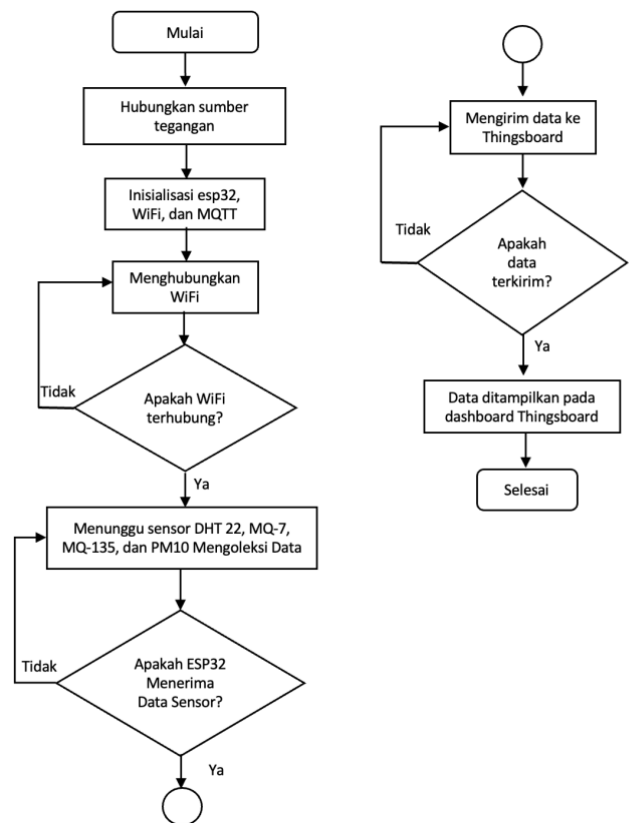
Proses Pembuatan alat monitoring kualitas udara memerlukan perancangan penempatan alat dan sensor. Perancangan bertujuan untuk memberi gambaran pada penempatan alat dan sensor yang akan dipasang. Gambar 3 merupakan perancangan mekanik yang mana didalamnya terdapat beberapa komponen seperti ESP32, sensor DHT22, Sensor PM10, Sensor MQ135, dan Sensor MQ7.



Gambar 3. Perancangan Desain Mekanikal

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Gambar 4 menjelaskan mengenai cara kerja sistem. Ketika sistem dihubungkan dengan sumber tegangan, maka sistem akan menginisialisasi mikrokontroler dan wifi lalu sistem akan dimulai dari pembacaan data oleh sensor DHT22, Sensor PM10, Sensor MQ135, dan Sensor MQ7 lalu diterima oleh ESP32. Kemudian data dikirim melalui jaringan internet ke aplikasi Thingsboard untuk menampilkan data sensor secara online.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem

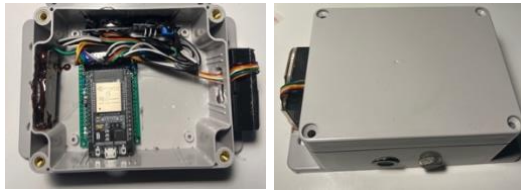
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini mencakup beberapa aspek yaitu perancangan alat, pengujian adaptor, pengujian ESP32, pengujian DHT22, pengujian GP2Y1010AU0F, pengujian MQ135, pengujian MQ7, pengujian Thingsboard, dan Pengujian Sistem

A. Hasil Perancangan Alat

Perancangan sistem mekanik dan elektrik yang telah disusun kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Setiap komponen, seperti ESP32, sensor DHT22, sensor MQ135, sensor MQ7, dan sensor debu GPY2Y1010AU0F, diintegrasikan melalui rangkaian pada PCB, kabel jumper dan pin header. Setelah rangkaian elektrik selesai dirakit, seluruh sistem dipasang ke dalam rancangan mekanik berupa durabox yang telah didesain khusus untuk menempatkan ESP32 beserta seluruh komponen dan sensor.

Gambar 5 memperlihatkan hasil akhir dari perakitan sistem mekanik dan elektrik tersebut.



Gambar 5 Hasil perancangan alat

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa pada bagian dalam durabox terdapat modul ESP32, rangkaian PCB, kabel jumper, serta pin header. Sementara itu, pada bagian luar durabox terpasang beberapa sensor, yaitu sensor DHT22, sensor MQ135, sensor MQ7, dan sensor debu GPY2Y10101AU0F. Seluruh sensor tersebut dihubungkan langsung ke komponen internal durabox melalui kabel jumper untuk memastikan konektivitas data dan daya.

B. Data Hasil Pengujian Adaptor

Pengujian adaptor dilakukan dalam lima kali percobaan untuk mengukur tegangan keluaran yang dihasilkan menggunakan multimeter, dengan tujuan untuk mengevaluasi apakah adaptor beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Adaptor memainkan peran krusial dalam menyuplai daya yang diperlukan oleh berbagai komponen elektronik. Hasil dari pengujian ini akan memberikan pemahaman tentang kemampuan adaptor dalam memberikan tegangan yang stabil dan memenuhi standar yang dibutuhkan.

Adapun format tabel hasil pengujian adaptor dalam bentuk keluaran tegangan dan nilai error terdapat pada tabel 1.

TABEL 1

DATA HASIL PENGUJIAN ADAPTOR

Pengujian ke-	TEGANGAN UKUR (VDC)	Tegangan Teori (VDC)	Error %
1	4.87 V	5 V	2.60%
2	4.88 V	5 V	2.40%
3	4.86 V	5 V	2.80%
4	4.88 V	5 V	2.40%
5	4.85 V	5 V	3.00%
Rata-Rata			2.64%

Dari tabel 1 hasil pengujian adaptor maka disimpulkan bahwa error yang terjadi di setiap

pengukuran relatif kecil, dengan rata-rata error sebesar 2.64%. Hal ini menunjukkan bahwa adaptor yang diuji cukup konsisten dalam memberikan tegangan yang mendekati nilai teoritisnya (5 V), meskipun terdapat sedikit variasi. Error terkecil terjadi pada pengujian kedua dan keempat, masing-masing sebesar 2.40%, sementara error terbesar tercatat pada pengujian kelima dengan 3.00%. Meskipun demikian, semua hasil berada dalam kisaran yang wajar untuk perangkat elektronik yang memiliki toleransi tertentu.

C. Data Hasil Pengujian ESP32

Pengujian modul ESP32 dilakukan untuk memverifikasi apakah modul tersebut berhasil terhubung ke jaringan WiFi. Proses pengujian dimulai dengan memasukkan nama SSID dan kata sandi dari jaringan WiFi yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan pengecekan melalui serial monitor yang akan menunjukkan status "connecting" beserta informasi penting lainnya, seperti SSID, Gateway IP, Subnet Mask, RSSI, dan IP ESP32. Jika informasi tersebut berhasil muncul, maka dapat dipastikan bahwa ESP32 telah terhubung dengan sukses ke jaringan WiFi.

Adapun tabel hasil pengujian ESP32 terdapat pada tabel 2

TABEL 2

DATA HASIL PENGUJIAN ESP32

Pengujian ke-	NAMA WiFi	Terkoneksi	
		Iya	Tidak
1	Pengujian 1	✓	
2	Pengujian 2	✓	
3	Pengujian 3	✓	
4	Pengujian 4	✓	
5	Pengujian 5	✓	

Dari tabel 2 menunjukkan bahwa pada kelima percobaan (Pengujian 1 hingga Pengujian 5), ESP32 berhasil terhubung dengan jaringan WiFi yang digunakan. Semua pengujian menunjukkan status "terhubung" dengan tanda centang yang menunjukkan bahwa modul dapat berfungsi dengan baik tanpa masalah. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa modul ESP32 mampu terhubung dengan jaringan WiFi secara konsisten dan stabil. Keberhasilan setiap pengujian menunjukkan bahwa

ESP32 dapat diandalkan untuk aplikasi-aplikasi yang memerlukan konektivitas internet yang stabil, seperti dalam proyek berbasis Internet of Things (IoT). Oleh karena itu, ESP32 terbukti berfungsi sesuai dengan harapan dalam menyediakan koneksi WiFi yang dibutuhkan.

D. Data Hasil Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan dari sensor DHT22 dengan hasil pengukuran menggunakan termometer digital. Pengujian ini mencakup tiga kondisi suhu yang berbeda, yaitu suhu panas, normal, dan dingin, dengan masing-masing kondisi diuji sebanyak lima kali. Setiap hasil pengujian kemudian dihitung nilai kesalahannya (error) untuk mengevaluasi perbedaan antara pembacaan sensor DHT22 dan pengukuran yang dilakukan oleh termometer digital.

Adapun tabel hasil pengujian sensor DHT22 dan nilai *error* terdapat pada tabel 3

TABEL 3

DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR SUHU

Pengujian Kondisi	DHT 22		Thermometer Digital		Deviasi Suhu (°C)	Error (%)
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)		
Dingin	12.5	62.7	10.0	64.0	2.5	2.03 %
	12.4	62.5	11.0	65.0	1.4	1.97 %
	12.7	63.3	12.0	61.0	0.7	2.10 %
	13.1	64.6	12.0	67.0	1.1	4.19 %
	13.4	65.2	13.0	70.0	0.4	6.71 %
	Rata-Rata				1.21	3.4 %
	Deviasi				0.881	-
Normal	25.1	36.0	25.0	35.0	0.1	2.86 %
	25.1	35.9	27.0	36.0	-1.9	0.28 %
	25.1	36.3	26.0	36.0	-0.9	1.11 %
	25.1	36.7	26.0	35.0	-0.9	4.86 %
	25.1	36.4	26.0	36.0	-0.9	1.11 %
	Rata Rata				-0.9	2.04 %
	Deviasi				0.707	2.04 %
Panas	31.6	21.1	31.0	21.0	0.6	0.00 %
	31.5	21.1	32.0	22.0	-0.5	0.00 %
	31.5	21.2	32.0	24.0	-0.5	8.33 %

	31.4	21.4	31.0	21.0	0.4	0.00 %
	31.3	21.7	33.0	22.0	-1.7	0.00 %
	Rata-Rata				-0.34	1.67 %
	Deviasi				0.913	-
Total Rata-Rata						-0.007
Rata-Rata Deviasi						0.8337

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa Sensor DHT22 memberikan hasil pengukuran suhu dengan error rata-rata Deviasi sebesar 0.8337 °C yang menunjukkan bahwa sensor memiliki performa yang cukup baik pada kondisi suhu dingin, normal dan panas dan pada pengukuran kelembaban rata-rata nilai error nya yaitu sebesar 2.37%, yang menunjukkan bahwa sensor memiliki performa yang cukup baik pada kondisi suhu dingin, normal dan panas sehingga sensor DHT22 dapat digunakan dengan baik untuk aplikasi pengukuran kelembaban,

E. Data Hasil Pengujian Sensor GP2Y1010AU0F

Pada pengujian sensor GP2Y1010AU0F dilakukan dengan cara di beri paparan debu dan tidak ,lalu akan diukur konsentrasi debu yang terukur dengan masing-masing sebanyak 10 kali percobaan kemudian dibandingkan dengan Air Quality Detector (PM10).

Adapun tabel hasil pengujian sensor GP2Y1010AU0F terdapat pada tabel 4

TABEL 5

DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR GP2Y1010AU0F

Pengujian Kondisi	GP2Y1010AU0F	Air Quality Detector (PM10)	Error
Tanpa Sumber Debu	29 µg/m³	31 µg/m³	6,45 %
	29 µg/m³	33 µg/m³	12,12 %
	30 µg/m³	29 µg/m³	3,45 %
	32 µg/m³	31 µg/m³	3,23 %
	31 µg/m³	31 µg/m³	0 %
	32 µg/m³	31 µg/m³	3,23 %
	29 µg/m³	32 µg/m³	9,38 %
	29 µg/m³	32 µg/m³	9,38 %
	31 µg/m³	35 µg/m³	11,43 %
	32 µg/m³	36 µg/m³	11,11 %
Rata-Rata			6,68 %
Diberi Paparan Debu	75 µg/m³	70 µg/m³	7,14 %
	69 µg/m³	71 µg/m³	2,82 %
	74 µg/m³	68 µg/m³	8,82 %
	70 µg/m³	72 µg/m³	2,78 %
	71 µg/m³	73 µg/m³	2,74 %
	70 µg/m³	63 µg/m³	11,11 %
	70 µg/m³	69 µg/m³	1,45 %
	68 µg/m³	58 µg/m³	17,24 %
	72 µg/m³	71 µg/m³	1,41 %
Rata-Rata			6,63 %

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa sensor PM10 pada dua kondisi, yaitu "Tanpa Sumber Debu" dan "Diberi Paparan Debu," diperoleh nilai error rata-rata yang diperoleh pada kedua kondisi relatif rendah dan hampir sama, yaitu 6.68% pada kondisi tanpa debu dan 6.63% pada kondisi dengan debu. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi yang stabil dan dapat diandalkan dalam mengukur konsentrasi partikel debu di udara, baik dalam kondisi bersih maupun ketika terdapat paparan debu yang tinggi. Dengan demikian, sensor GP2Y1010AU0F dapat dikatakan sensitif terhadap perubahan kualitas udara sekaligus konsisten dalam performa pengukurannya.

F. Data Hasil Pengujian Sensor MQ135

Pada pengujian sensor MQ135 dilakukan dengan cara di beri paparan asap rokok dan tidak ,lalu akan diukur konsentrasi Karbon Dioksida yang terukur dengan masing-masing sebanyak 10 kali percobaan kemudian dibandingkan dengan Air Quality Detector (CO2).

Adapun tabel hasil pengujian sensor Mq135 terdapat pada tabel 5

TABEL 5

DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR MQ135

Pengujian Kondisi	MQ135	Air Quality Detector (CO2)	Error
Tanpa Asap Rokok	406 ppm	414 ppm	1,93 %
	401 ppm	425 ppm	5,65 %
	404 ppm	403 ppm	0,25 %
	400 ppm	395 ppm	1,27 %
	396 ppm	401 ppm	1,25 %
	400 ppm	432 ppm	7,41 %
	398 ppm	425 ppm	6,35 %
	482 ppm	417 ppm	15,59 %
	398 ppm	401 ppm	0,75 %
	407 ppm	408 ppm	0,25 %
Rata-Rata			4,47 %
Diberi Asap Rokok	996 ppm	1006 ppm	0,99 %
	992 ppm	1025 ppm	3,22 %
	997 ppm	1049 ppm	4,96 %
	993 ppm	997 ppm	0,40 %
	985 ppm	1021 ppm	3,52 %
	1002 ppm	1008 ppm	0,60 %
	992 ppm	985 ppm	0,71 %
	986 ppm	1078 ppm	8,53 %
	1003 ppm	1075 ppm	6,70 %
Rata-Rata			3,54 %

Berdasarkan Tabel 5, sensor MQ135 menunjukkan performa yang cukup baik pada dua kondisi pengujian. Pada kondisi tanpa asap rokok, diperoleh error rata-rata sebesar 4.47%, sedangkan pada kondisi diberi asap

rokok persentase error lebih rendah yaitu 3.54%.Hal ini menunjukkan bahwa sensor MQ135 cukup sensitif terhadap perubahan konsentrasi gas dan memiliki akurasi yang stabil, baik dalam kondisi udara bersih maupun tercemar asap rokok.

G. Data Hasil Pengujian Sensor MQ7

Pada pengujian sensor MQ7 dilakukan dengan cara di beri paparan gas kendaraan dan tidak ,lalu akan diukur konsentrasi Karbon Monoksida yang terukur dengan masing-masing sebanyak 10 kali percobaan kemudian dibandingkan dengan Air Quality Detector (CO).

Adapun tabel 6 merupakan hasil pengujian sensor MQ7 terdapat pada tabel MQ7

TABEL 6

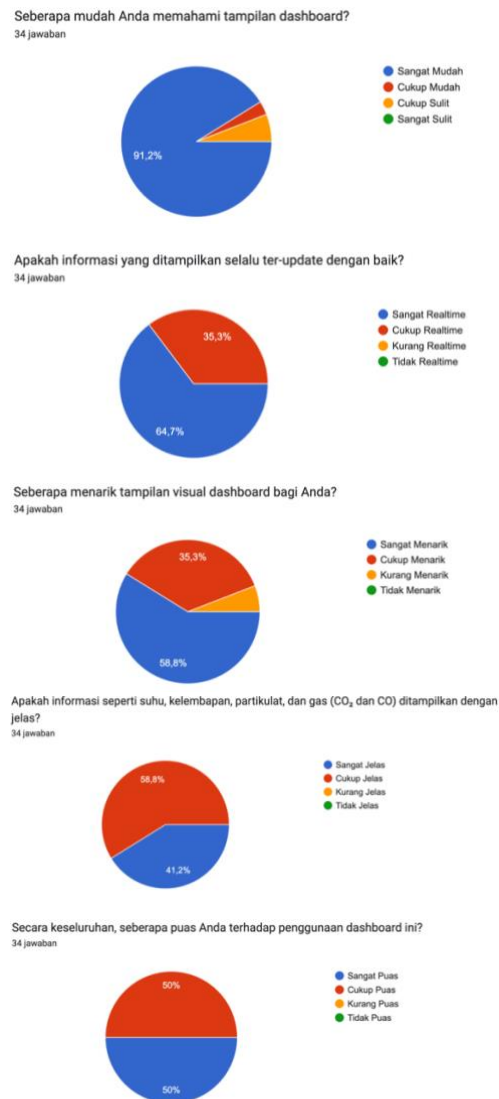
DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR MQ7

Pengujian Kondisi	MQ7	Air Quality Detector (CO)	Error
Tanpa Paparan Gas Kendaraan	6 ppm	6 ppm	0 %
	6 ppm	6 ppm	0 %
	6 ppm	5 ppm	20 %
	6 ppm	5 ppm	20 %
	6 ppm	5 ppm	20 %
	6 ppm	5 ppm	20 %
	6 ppm	6 ppm	0 %
	5 ppm	5 ppm	0 %
	6 ppm	6 ppm	0 %
Rata-Rata			8 %
Diberi Paparan Gas Kendaraan	44 ppm	45 ppm	2,22 %
	44 ppm	46 ppm	4,35 %
	44 ppm	45 ppm	2,22 %
	46 ppm	44 ppm	4,55 %
	43 ppm	44 ppm	2,27 %
	46 ppm	42 ppm	9,52 %
	48 ppm	49 ppm	2,04 %
	45 ppm	41 ppm	9,76 %
	42 ppm	48 ppm	12,50 %
Rata-Rata			5,66 %

Berdasarkan Tabel 6 sensor MQ7 menunjukkan performa yang cukup baik pada dua kondisi pengujian. Pada kondisi tanpa paparan gas kendaraan, diperoleh error rata-rata sebesar 8.00%, sedangkan pada kondisi diberi paparan gas kendaraan, persentase error lebih rendah yaitu 5.66%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor MQ7 cukup sensitif terhadap perubahan konsentrasi gas karbon monoksida (CO) dan mampu memberikan hasil pengukuran yang relatif akurat, baik dalam kondisi udara bersih maupun saat terpapar polusi dari gas kendaraan. Meskipun terdapat sedikit fluktuasi nilai error.

H. Data Hasil Pengujian Dashboard Thingsboard

Pada bagian ini, dilakukan uji coba penggunaan dashboard monitoring kualitas udara berbasis IoT yang dikembangkan menggunakan platform ThingsBoard. Tujuan dari uji coba ini adalah untuk mengumpulkan data mengenai kepuasan pengguna dalam mengakses, memahami, dan memanfaatkan informasi yang ditampilkan pada dashboard. Uji coba dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada pengguna yang telah mencoba sistem, dengan harapan dapat diperoleh gambaran mengenai efektivitas tampilan visual, kemudahan penggunaan (user experience), serta kejelasan informasi data sensor yang ditampilkan. Adapun hasilnya terdapat pada gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6 Pengujian Dashboard Thingsboard

Berdasarkan hasil kuesioner yang diberikan kepada 34 responden, mayoritas pengguna merasa sangat terbantu dengan tampilan dashboard monitoring kualitas udara berbasis IoT menggunakan ThingsBoard. Sebanyak 91,2% responden menyatakan bahwa tampilan dashboard sangat mudah dipahami, dan 64,7% menyatakan informasi yang ditampilkan bersifat sangat real-time. Selain itu, sebagian besar responden menilai informasi yang disajikan, seperti suhu, kelembapan, partikulat, dan gas (CO₂ dan CO), cukup jelas (58,8%), dengan 41,2% lainnya menilai sangat jelas. Tampilan visual dashboard juga dinilai menarik oleh 94,1% responden, di mana 58,8% menyebutnya sangat menarik.

Dari segi kepuasan keseluruhan, 50% responden menyatakan sangat puas dan 50% lainnya cukup puas, tanpa adanya respon negatif. Hal ini menunjukkan bahwa dashboard berhasil memenuhi ekspektasi pengguna dalam hal kemudahan penggunaan, kejelasan data, visualisasi, dan keakuratan informasi. Meskipun demikian, hasil ini juga menjadi masukan penting untuk terus melakukan penyempurnaan, terutama pada aspek penyajian visual dan struktur data agar pengalaman pengguna menjadi lebih optimal di masa mendatang.

I. Data Hasil Pengujian Sistem

Untuk menentukan kinerja alat secara keseluruhan, seluruh sistem perlu diuji secara menyeluruh. Respons semua komponen terhadap tindakan masukan dan keluaran setiap alat diperiksa selama pengujian ini. Alat dipasang di Taman Skoda Park selama 1 hari, dan data yang masuk ke ThingsBoard akan dianalisis untuk memastikan apakah fungsi alat sudah sesuai dengan yang diinginkan atau belum.

Adapun tabel hasil pengujian sistem terdapat pada tabel 7.

TABEL VII

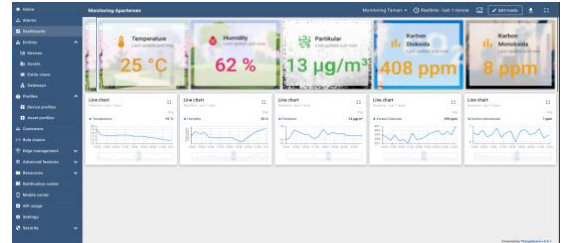
DATA HASIL PENGUJIAN SISTEM

Pen guj ian ke	SUH U (°C)	Ke le mb ab an (%)	M Q- 7(pp m)	MQ- 135(ppm)	P M 10 (u g/ m ³)	Things board	Keter angan
1	20	30	7	398	13	✓	Baik
2	19	30	7	397	13	✓	Baik

3	20	31	7	390	15	✓	Baik
4	20	30	7	398	14	✓	Baik
5	18	30	6	396	12	✓	Baik
6	18	29	6	397	12	✓	Baik
7	17	29	6	399	14	✓	Baik
8	17	29	6	400	13	✓	Baik
9	16	28	6	403	13	✓	Baik
10	17	28	6	398	13	✓	Baik
11	17	28	7	399	14	✓	Baik
12	16	30	6	401	14	✓	Baik
13	17	28	6	397	14	✓	Baik
14	16	27	7	401	15	✓	Baik
15	16	27	5	397	15	✓	Baik
16	17	28	7	399	13	✓	Baik
17	16	28	5	396	12	✓	Baik
18	15	28	6	399	12	✓	Baik
19	16	28	7	400	13	✓	Baik
20	17	27	7	403	13	✓	Baik
21	15	27	7	402	13	✓	Baik
22	16	28	7	399	12	✓	Baik
23	16	27	6	397	16	✓	Baik
24	16	27	6	401	12	✓	Baik
25	16	27	7	399	14	✓	Baik
26	15	28	5	397	13	✓	Baik
27	15	28	5	398	12	✓	Baik
28	16	29	6	401	11	✓	Baik
29	15	29	5	400	10	✓	Baik
30	15	27	5	401	11	✓	Baik

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwa pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dengan memantau parameter suhu, kelembaban, konsentrasi gas (MQ-7 dan MQ-135), serta partikel debu (PM10) dalam satuan waktu pengujian (per 20 menit). Berdasarkan data, suhu berkisar antara 16–20°C, kelembaban antara 27–30%, nilai MQ-7 antara 6–7 ppm, dan MQ-135 antara 396–401 ppm. Nilai PM10 terdeteksi antara 11–14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan semua hasil data berhasil ditampilkan di Thingsboard, yang menunjukkan koneksi dan integrasi sistem berjalan dengan baik dan Berdasarkan standar kualitas udara dari European Environment Agency (EEA), kualitas udara tergolong baik karena konsentrasi PM_{10} tidak melebihi 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, konsentrasi CO berada di bawah batas maksimum harian 10 mg/m^3 , dan kadar CO_2 berada dalam kisaran normal untuk udara luar, yaitu antara 250 hingga 500 ppm. Seluruh hasil pengujian menunjukkan status **“Baik”**, yang mengindikasikan bahwa sistem mampu memantau kualitas udara dan mengirimkan data secara real-time dengan akurat dan stabil. Tidak terdapat anomali atau data error selama 10 jam pengujian, sehingga sistem terbukti andal dalam pengambilan data lingkungan dalam durasi waktu yang berkelanjutan.

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian sistem dengan menunjukkan hasil pembacaan sensor pada Thingsboard dan penempatan alat untuk proses pengujian.



Gambar 7 Pengujian Sistem

J. Analisis

Pengujian unit dilakukan secara menyeluruh terhadap seluruh komponen utama sistem, termasuk adaptor, ESP32, sensor DHT22, MQ135, MQ7, dan GP2Y1010AU0F. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap komponen bekerja dengan baik dan stabil sesuai dengan fungsinya. Adaptor menghasilkan tegangan dengan rata-rata error sebesar 2.64%, yang masih dalam batas toleransi. Modul ESP32 berhasil terkoneksi ke jaringan WiFi pada semua percobaan, menunjukkan konektivitas yang handal. Sensor DHT22 memberikan hasil dengan deviasi suhu rata-rata sebesar 0.83°C dan error kelembaban sebesar 2.37%, yang menandakan performa baik dalam mengukur suhu dan kelembaban. Sensor GP2Y1010AU0F juga menunjukkan akurasi yang cukup stabil dengan rata-rata error sebesar 6.68% tanpa debu dan 6.63% dengan paparan debu.

Sensor gas MQ135 dan MQ7 juga menunjukkan performa yang baik pada dua kondisi pengujian. Sensor MQ135 menghasilkan rata-rata error sebesar 4.47% tanpa asap rokok dan 3.54% dengan asap rokok, yang mengindikasikan kepekaan dan kestabilannya

dalam mendeteksi kadar karbon dioksida. Sementara itu, sensor MQ7 menunjukkan rata-rata error sebesar 8.00% tanpa paparan gas kendaraan dan 5.66% saat diberikan paparan, yang menandakan kemampuannya dalam mengukur kadar karbon monoksida secara cukup akurat. Dengan hasil pengujian unit tersebut, dapat disimpulkan bahwa seluruh sensor dan komponen sistem memiliki performa yang layak dan siap digunakan dalam sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT.

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan di lingkungan terbuka selama satu hari, dengan hasil data yang dikirim secara real-time ke platform Thingsboard. Semua parameter, mulai dari suhu (16–20°C), kelembaban (27–30%), konsentrasi CO (6–7 ppm), CO₂ (396–401 ppm), hingga PM10 (11–14 µg/m³) berada dalam rentang aman berdasarkan standar European Environment Agency (EEA). Tidak ditemukan anomali selama pengujian, dan semua data berhasil ditampilkan dengan status “Baik”. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara andal, mampu memantau kondisi lingkungan secara real-time, dan cocok digunakan untuk aplikasi pemantauan kualitas udara yang berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem monitoring intensitas cahaya, kebisingan, kelembaban, dan suhu berbasis IoT pada gedung apartemen, dapat disimpulkan bahwa sistem berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dikembangkan untuk pemantauan kualitas udara di Taman Skoda Park, Republik Ceko, dengan menggunakan sensor untuk mengukur suhu, kelembaban, konsentrasi gas (CO₂ dan CO), serta partikel debu (PM₁₀). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau suhu (16–20 °C), kelembaban (27–30%), karbon dioksida (398–401 ppm), karbon monoksida (6–7 ppm), dan PM₁₀ (11–14 µg/m³) dengan data yang stabil dan akurat. Berdasarkan standar European Environment Agency (EEA), kualitas udara tergolong baik karena konsentrasi PM₁₀ tidak melebihi 50 µg/m³, konsentrasi CO berada di bawah batas maksimum harian 10 mg/m³, serta kadar CO₂ berada dalam kisaran normal udara

luar (250–500 ppm). Pengujian juga mengidentifikasi beberapa error, antara lain deviasi suhu sebesar 0,8337 °C, error kelembaban 2,37%, error power supply rata-rata 2,64%, error sensor GP2Y1010AU0F sebesar 6,68% tanpa debu dan 6,63% dengan debu, error sensor MQ135 sebesar 4,47% tanpa asap rokok dan 3,54% dengan asap rokok, serta error sensor MQ7 sebesar 8,00% tanpa paparan gas kendaraan dan 5,66% dengan paparan. Nilai error tersebut masih berada dalam batas wajar, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki performa yang baik dan akurat dalam memantau kualitas udara secara real-time. Selain itu, sistem mampu mengirimkan data secara langsung ke platform ThingsBoard sehingga mendukung pemantauan kualitas udara yang efektif, stabil, dan dapat diakses secara online.

Referensi

- [1] S. Gunawan, A. H. Anshor, and A. Amali, “Sistem Monitoring dan Kontrol Taman Pintar Berbasis IoT (Internet of Things) dengan NodeMCU ESP8266,” *Bull. Comput. Sci. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 283–288, 2023, doi: 10.47065/bulletincsr.v3i4.270.
- [2] F. Rahman and S. Informasi, “Memfaatkan Iot Untuk Pemantauan Real-Time Dalam Sistem Informasi,” *Teknologiterkini.org*, vol. 3, no. 8, pp. 2023–2024, 2023.
- [3] I. S. K. Idris and Y. A. Mustofa, “Monitoring Fasilitas Pertamanan Kota Gorontalo Berbasis Sistem Informasi Geografis,” *J. Inform. Upgris*, vol. 7, no. 1, pp. 21–26, 2021, doi: 10.26877/jiu.v7i1.5858.
- [4] F. Akbar and S. Sugeng, “Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruangan Penyimpanan Obat Berbasis Internet Of Things (IoT) di Puskesmas Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat,” *J. Sos. Teknol.*, vol. 1, no. 9, pp. 1021–1028, 2021, doi: 10.59188/jurnalsostech.v1i9.198.
- [5] United Nations, “Convention on the Rights of Persons with Disabilities, Article 14,” 2006.
- [6] M. M. A.-B. Nany Widiastuti, RokaiyahSrie,

Devie Melavenic, Syahbudi Rahman, “SIKAP MUHAMMADIYAH ATAS KEBIJAKAN NIPPONISASI PADA ERA KEPENDUDUKAN JEPANG DI HINDIA BELANDA: TINJAUAN NORMATIF KINGDON,” vol. 3471, no. 9, 2022.

[7] D. S. Estu, M. Yantidewi, B. M. Rusdi, M. B. Adikuasa, and M. Khoiro, “Alat Monitoring Ketinggian Air Laut Berbasis IOT dengan Nodemcu ESP32 DAN HC-SR04 IOT-Based Sea Water Level Monitoring Tool with Nodemcu ESP32 and HC-SR04,” *Jurna Kolaboratif Sains*, vol. 6, no. 7, pp. 585–597, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

[8] N. A. Agustina, D. N. Gandarum, K. Lahji, and A. Pendahuluan, “Kenyamanan Visual Pada Orientasi Bangunan Dan Desain Fasade Apartemen , Jakarta (Studi Kasus : Apartemen Season City , Jakarta Barat) Visual Comfort on Building Orientation and Façade of Apartment Design (Case Study : Season City Apartment , West Jakar,” *Semin. Intelekt. Muda* #2, no. September, pp. 263–267, 2019.

[9] A. Prihanto, N. Rachmawati, and A. Prapanca, “Smart Garden Automation Dengan Memanfaatkan Teknologi Berbasis Internet Of Things (IoT),” *J. Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 55–60, 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n2.p55-60.

[10] M. Firly, D. Wahjudi, and P. Yulianto, “Perancangan Sistem Penyiraman Dan Pemupukan Otomatis (Smart Garden) Berbasis Iot (Internet of Things) Menggunakan Nodemcu Esp8266,” *Teodolita Media Komunikasi Ilm. di Bid. Tek.*, vol. 23, no. 1, pp. 115–1129, 2022, doi: 10.53810/jt.v23i1.444.

[11] F. Ciasaka, S. D. Panjaitan, and B. W. Sanjaya, “Perancangan Sistem Kendali Supervisi Dan Akuisisi Data (Scada) Pada Panel Surya Berbasis Internet of Things,” *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 11, no. 1, 2023.

[12] S. Sibuea, I. Istifadah, and Y. B. Widodo, “Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur Suhu dan Kelembaban Udara dengan Perekam Data Berbasis

Arduino Uno dan Sensor DHT22 di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Citeko,” *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 410–424, 2023, doi: 10.37012/jtik.v9i1.1478.

[13] S. Ansari, A. Ansari, A. Kumar, R. Kumar, and E. T. Nyamasvisva, “Environmental Temperature and Humidity Monitoring at Agricultural Farms using Internet of Things & DHT22-Sensor,” *J. Indep. Stud. Res. Comput.*, vol. 21, no. 2, pp. 25–31, 2023, doi: 10.31645/jisrc.23.21.2.5.

[14] C. F. Hadi, R. M. Yasi, and A. Prasetyo, “Model Decision Tree Forecasting Berbasis DHT22 pada Smart Hydroponic Microgreen,” *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 29–38, 2024, doi: 10.20895/jtece.v6i1.1218.

[15] A. Yahya, M. A. Islah, and W. Adhiwibowo, “Design of Carbon Monoxide Emission Measurement Tool Based on Honda Vario 150 Fuel Type at Semarang University Perancangan Alat Ukur Emisi Carbon Monoxide Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Minyak Honda Vario 150 di Universitas Semarang,” vol. 4, no. October, pp. 1549–1560, 2024.

[16] D. Kurniawan, S. R. Sulistiyanti, and U. Murdika, “Sistem Pemantau Gas Karbon Monoksida (Co) Dan Karbon Dioksida (Co2) Menggunakan Sensor Mq7 Dan Mq-135 Terintegrasi Telegram,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 2, pp. 200–206, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i2.2963.

[17] B. Satria, H. Alam, and Rahmaniar, “Desain Alat Ukur Pencemaran Udara Portabel Berbasis Sensor Mq-135 Dan Mq-7,” *Escaf*, vol. 2, no. 1, pp. 1278–1285, 2023.

[18] B. Yoga, P. Putra, A. Rakhmatsyah, S. Prabowo, F. Informatika, and U. Telkom, “Perancangan Sistem Komunikasi Dan Pengolahan Data Pada Monitoring Kualitas Udara,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 2989–2996, 2017.

[19] M. Yusuf, M. Zaid, K. Udara, and T. Penelitian, “Pada Lingkungan Berbasis Webserver,” *J. Mhs. Tek.*

Komput. Kendali Elektron., pp. 1–10, 2016.

[20] A. Sanaris and I. Suharjo, “Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT),” *J. Prodi Sist. Inf.*, no. 84, pp. 17–24, 2020.

[21] S. Ray, J. Das, R. Pande, and A. Nithya, “Swati Ray 1 , Joyati Das 2* , Ranjana Pande 3 , and A. Nithya 2,” vol. 2, pp. 195–222, 2024, doi: 10.1201/9781032622408-13.

[22] R. F. Sihotang and R. Maulana, “RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN AIR GALON OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR PROXIMITY DAN,” vol. 12, no. 3, 2024.

[23] U. M. Setiabudi, J. Pangeran, and D. No, “IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING SUHU DAN PH AIR KOLAM BUDIDAYA IKAN LELE MENGGUNAKAN ARDUINO ESP8266 DAN ARDUINO IDE,” vol. 12, no. 3, 2024.

[24] G. F. S. Aulia and K. Arissantoso, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Roda Empat (Mobil) Berbasis Thingsboard Dengan Mikrokontroler Esp32,” *J. SISKOM-KB (Sistem Komput. dan ...*, vol. VII, no. 2, pp. 175–181, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.tau.ac.id/index.php/siskom-kb/article/view/594>

[25] D. W. Lestariningsih, A. Djajadi, P. Adhistian, and P. Wibowo, “Rancang Bangun Sistem Pemantau Ketersediaan Sabun dan Tisu pada Toilet Bandara Berbasis IoT,” *Aviat. Sci. Technol. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 27–36, 2024, doi: 10.54147/astj.v1i01.1024.