

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135

Rodhotul Muttaqin^a, Wasi Sakti Wiwit Prayitno^a, Natalia Erna Setyaningsih^a,
Upik Nurbaiti^b

^aLaboratorium Fisika, Gedung D9 kampus UNNES Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, 50229

^bProgram Studi Fisika, Gedung D7 kampus UNNES Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, 50229

Corresponding Author: muttaqinfisika@mail.unnes.ac.id

Received: 31th August 2023; Revised: 02nd March 2024; Accepted: 12th May 2024;

Available online: 12th May 2024; Published regularly: July 2024

Abstract

The application of Occupational Health and Safety principles is very important in laboratory operations, especially in terms of the use of tools and chemicals that can endanger human health. This research aims to design and build an Internet of Things (IoT) based air quality monitoring system using the NodeMCU ESP32 microcontroller. This system is designed to measure air quality parameters such as temperature, humidity, and concentrations of harmful gases in the Materials Physics Laboratory unit. The developed monitoring system uses 2 sensors, namely the MQ-135 sensor and the DHT 11 sensor. The MQ-135 sensor is a chemical sensor that is sensitive to CO₂, alcohol, acetone, and others. Meanwhile, the DHT 11 sensor is used to measure temperature and humidity parameters in the room. The Wi-Fi protocol connects These two sensors to the NodeMCU ESP32 microcontroller to send data to the cloud. Data sent to the cloud can be monitored in real-time using blynk cloud which is an Internet of Things (IoT) platform. The result of this research is a Prototype of IoT (Internet of Things) Based Air Quality Monitoring System. The monitoring system measurement graph shows a linear regression pattern for both temperature and humidity measurements with a coefficient of determination of 0.98 and 0.94 respectively. This shows that the DHT 11 sensor used can respond to changes in temperature and humidity that occur in the space in the test box. The coefficient of determination obtained from measuring alcohol content, acetone content and CO₂ content were 0.85, 0.97 and 0.93 respectively. This shows that the system can respond well to changes in the levels of alcohol, acetone and carbon dioxide in the room.

Key Words: Air quality monitoring system, Internet of Things, MQ135 sensor, DHT11 sensors, Blynk IoT

Abstrak

Penerapan prinsip Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) sangat penting dalam operasional laboratorium, terutama dalam hal penggunaan alat dan bahan kimia yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32. Sistem ini dirancang untuk mengukur parameter kualitas udara seperti suhu, kelembaban dan konsentrasi gas berbahaya di unit Laboratorium Fisika Material. Sistem monitoring yang dikembangkan menggunakan 2 sensor yaitu sensor MQ-135 dan sensor DHT 11. Sensor MQ-135 merupakan sensor kimia yang sensitif terhadap CO₂, alkohol, aseton dan lain-lain. Sedangkan sensor DHT 11 digunakan untuk mengukur parameter suhu dan kelembaban pada ruangan. Kedua sensor ini terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32 untuk mengirim data ke cloud menggunakan protokol Wi-Fi. Data yang dikirim ke cloud dapat dipantau secara real-time menggunakan blynk cloud yang merupakan platform Internet of Things (IoT). Hasil dari penelitian ini berupa Prototype Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT (Internet of Things). Grafik pengukuran sistem pemantauan menunjukkan pola regresi linier baik untuk pengukuran suhu maupun kelembaban dengan koefisien determinasi masing-masing sebesar 0,98 dan 0,94. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT 11 yang digunakan dapat merespon perubahan suhu dan kelembaban yang terjadi pada ruang pada kotak pengujian. Koefisien determinasi yang diperoleh dari pengukuran kadar alkohol, kadar aseton dan kadar CO₂

masing-masing sebesar 0,85, 0,97 dan 0,93. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespon dengan baik perubahan kadar alkohol, aseton, dan karbon dioksida di dalam ruangan.

Kata Kunci : Sistem Pemantauan Kualitas Udara, Internet of Things, Sensor MQ 135, Sensor DHT11, Blynk IoT..

PENDAHULUAN

Laboratorium adalah tempat kerja yang memiliki potensi risiko tinggi, seperti bahan kimia berbahaya, peralatan laboratorium yang kompleks, dan prosedur kerja yang rumit. Potensi bahaya yang mungkin terjadi di laboratorium diantaranya adalah kebakaran, keracunan, dan kerusakan peralatan (Athqiyah et al., 2019). Kebocoran gas beracun yang disebabkan oleh kecelakaan kerja di laboratorium dapat mengakibatkan polusi yang berdampak pada kesehatan pekerja dan peneliti di laboratorium (Feng et al., 2021). Polusi udara tidak hanya membahayakan kesehatan pekerja dan peneliti laboratorium tetapi juga berbahaya bagi lingkungan (Manisalidis et al., 2020).

Laboratorium Fisika Material merupakan salah satu unit laboratorium yang didesain untuk mengembangkan material agar dapat memiliki sifat dan karakteristik tertentu. Beberapa gas berbahaya yang muncul sebagai dampak rekayasa material antara lain adalah gas Ammonia (NH_3), Alkohol, Benzena, Carbon Monoxide (CO), Gas Argon. Karbon monoksida (CO) adalah salah satu polusi udara beracun yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar yang mengandung karbon (Diharja et al., 2019). Dalam batasan tertentu kadar zat-zat tersebut masih dapat dinetralkan namun jika melampaui batas normal maka dapat mengganggu kesehatan (Waworundeng and Lengkon, 2018).

Suhu dan kelembaban udara yang baik sangat penting untuk menjaga kualitas dan stabilitas lingkungan di dalam laboratorium. Untuk suhu, rentang yang ideal biasanya antara 20-25 derajat Celsius (Butler et al., 2013). Untuk kelembaban udara, rentang yang ideal berkisar antara 40-60% RH (*Relative Humidity*). Kelembaban yang terlalu rendah dapat mengeringkan bahan kimia dan membuatnya lebih mudah terbakar, serta dapat mempengaruhi kualitas hasil percobaan (Hp, 2022). Pemantauan kualitas udara di laboratorium juga penting untuk memastikan kualitas udara yang baik dan aman untuk pekerja laboratorium dan pengunjung laboratorium. Pemantauan kualitas udara dapat dengan mudah dilakukan dengan menggunakan tren terbaru dalam teknologi informasi yaitu dengan menerapkan IoT (Srinivas and Kumar.Ch, n.d.). Pemantauan kualitas udara di laboratorium dilakukan untuk memastikan bahwa level zat-zat berbahaya yang terdapat di udara tidak melebihi batas aman.

Sensor MQ-135 adalah sebuah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi beberapa jenis gas seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO_2), amonia (NH_3), sulfur dioksida (SO_2), dan gas lain yang dapat mempengaruhi kualitas udara (Hp, 2022). Sensor MQ-135 bekerja dengan cara mengukur perubahan resistansi ketika gas dideteksi berada di sekitarnya. Ketika gas yang diinginkan terdeteksi, resistansi sensor akan berubah dan memberikan output analog berupa tegangan atau arus listrik (Indahwati, n.d.). Sensor MQ-135 umumnya digunakan dalam aplikasi yang berhubungan dengan pengukuran kualitas udara seperti pada peralatan deteksi kebakaran, pengaturan sistem ventilasi, atau peralatan monitoring kualitas udara dalam ruangan. Dengan menggunakan sensor ini, pengguna dapat memantau kualitas udara dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk menjaga lingkungan yang sehat dan aman.

Internet of things (IoT) atau *Internet of object*, yaitu integrasi benda dengan dunia internet, dengan menambahkan perangkat keras dan atau perangkat lunak menjadi cerdas sehingga dapat berkomunikasi satu sama lain baik melalui teknologi *wireless* atau kabel, dengan menggunakan sensor yang tertanam (Radouan Ait Mouha, 2021). Teknologi IoT (*Internet of Things*) dapat digunakan sebagai solusi untuk pemantauan kualitas udara di laboratorium. Dengan menggunakan teknologi IoT, sistem pemantauan dapat memberikan data dan informasi yang akurat dan dapat diandalkan tentang kualitas udara di laboratorium secara *real-time*. Selain itu, teknologi IoT juga dapat memungkinkan pengiriman data yang cepat dan efisien ke pusat pemantauan, sehingga memudahkan pengambilan keputusan dan tindakan yang tepat dalam mengatasi masalah kualitas udara di laboratorium. Dengan

semua pemikiran ini, *Internet of Things* (IoT) adalah diharapkan untuk terus memperluas jangkauannya sehubungan dengan jumlah perangkat dan fungsi, yang dapat dijalankan (Hussein, 2019). Oleh karena itu, perancangan dan pembuatan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di laboratorium dapat membantu memastikan keselamatan dan kesehatan pekerja laboratorium dan pengunjung laboratorium.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya. Penelitian Srinivas (Srinivas and Kumar.Ch, n.d.) telah menghasilkan prototype system monitoring dan deteksi gas berbahaya dengan tampilan M1632 LCD dengan menggunakan Arduino Uno R3. Modul Wi-Fi ESP 8266 digunakan sebagai koneksi perangkat keras dengan internet agar data dapat dikirim baik melalui email maupun SMS.

Penelitian Salamah (Salamah et al., 2022) menghasilkan sistem deteksi gas CO₂ dengan sensor MQ135 menggunakan Arduino Mega menunjukkan hasil pengujian yang cukup baik. Linearitas sistem ini memiliki nilai $R^2 = 0.9896$. Kelemahan sistem ini adalah belum adanya koneksi antara sistem mikrokontroler dengan Wifi sehingga proses pengambilan data dilakukan secara manual dengan melihat tampilan monitor sistem.

State of the art dari penelitian ini adalah dengan mengembangkan Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang memiliki beberapa kelebihan seperti Wi-Fi internal, pin out yang lebih banyak, pin analog yang lebih banyak, memori yang lebih besar. Dengan kelebihan ini sistem diharapkan menjadi lebih cepat dan lebih stabil. Tampilan kualitas udara, suhu dan kelembaban akan disajikan dalam tampilan monitor berukuran 32 inch sehingga memudahkan pengunjung dan pekerja laboratorium untuk membaca hasil pengukuran.

BAHAN DAN METODE

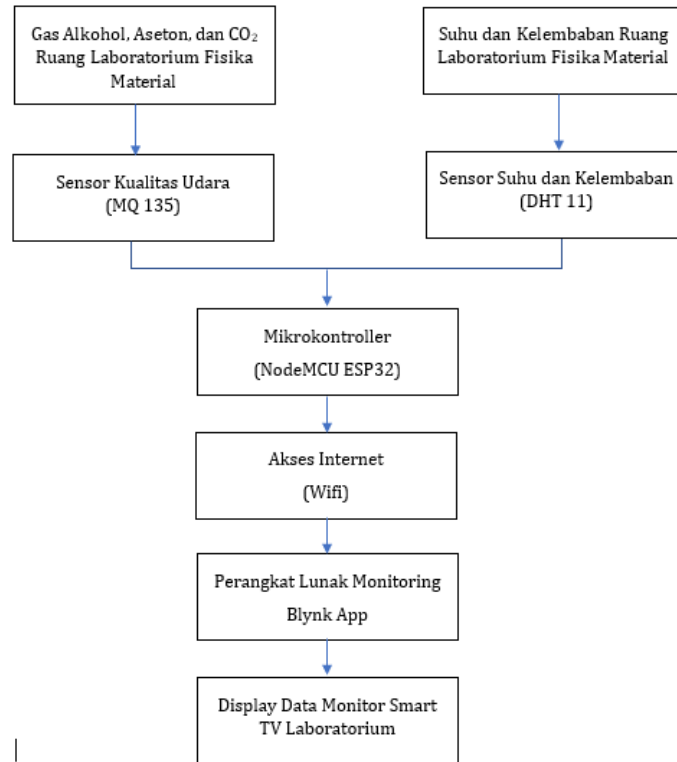
Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun yang dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang pada tahun 2023. Metode ini melibatkan langkah-langkah yang sistematis dalam merencanakan dan melaksanakan suatu proyek, dimulai dari identifikasi kebutuhan dan masalah yang ingin diselesaikan, merancang solusi atau produk yang sesuai, kemudian membangunnya, dan akhirnya menguji serta mengevaluasi hasilnya.

Tabel 1: Alat dan bahan penelitian

No	Nama Alat/Bahan	Jumlah
1	ESP32 Devkit V1	1 unit
2	Sensor DHT11	1 unit
3	Sensor MQ135	1 unit
4	Buzzer	1 unit
5	Baterai <i>rechargeable</i> tipe 18650	2 buah
6	Modul LM2596	1 unit
7	Kotak <i>cashing</i> ukuran 12 cm x 12 cm x 6 cm	1 buah
8	Kotak kaca ukuran 60 cm x 30 cm x 35cm	1 buah
9	Botol spray	1 buah
10	Alkohol	1 liter
11	Aseton	1 liter
12	Air	1 liter

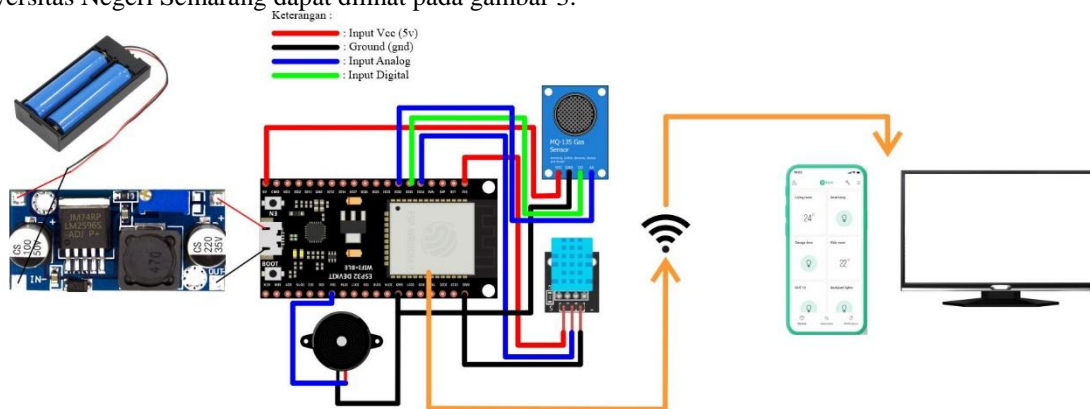
Diagram blok sistem menjelaskan tentang bagaimana sistem pemantuan kualitas udara di Laboratorium Fisika Material ini dapat bekerja. Sensor yang digunakan adalah Sensor MQ135 dan Sensor DHT 11. Sensor MQ135 bekerja dengan prinsip resistansi gas yang berubah ketika terpapar gas tertentu (Gessal et al., 2019), sehingga dapat menghasilkan keluaran analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Sensor ini memiliki akurasi yang baik dibandingkan dengan alat referensi berdasarkan hasil penelitian (Susilawati et al., 2020). Sensor DHT 11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban ruang Laboratorium Fisika Material. DHT11

adalah salah satu sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban (*humidity*) (Hardianti et al., 2019). Sifat-sifat benda yang bisa berubah akibat adanya perubahan suhu disebut sifat termometrik (Fathulrohman et al., 2018). Diagram blok rancangan sistem pemantauan udara berbasis IoT dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Desain Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (IoT) di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang dapat dilihat pada gambar 3.



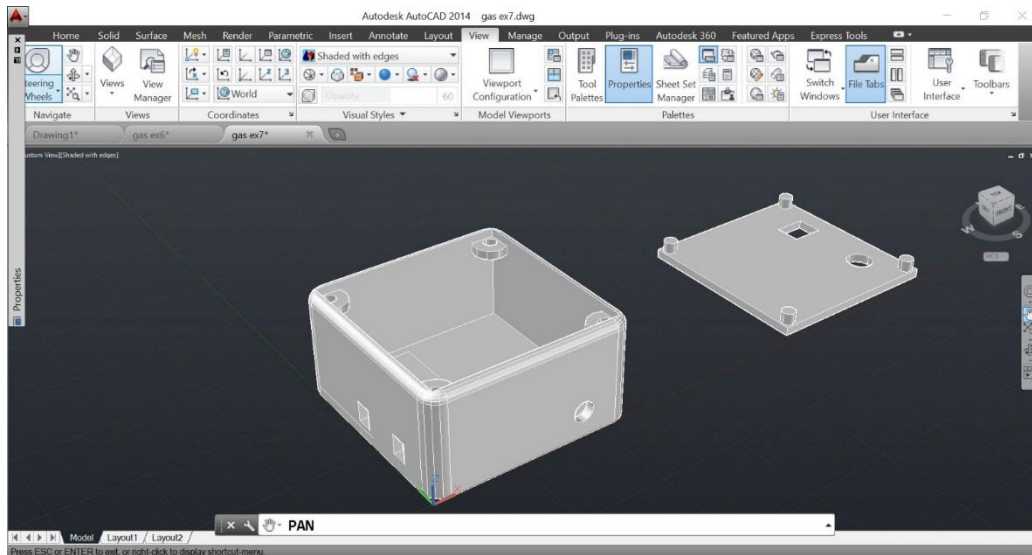
Gambar 2. Desain Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (IoT)

Pengujian performa sistem dilakukan dengan memberikan gas di sekitar area instrumen. Pengujian sistem dilakukan pada kotak uji yang dibagi dua ruang yaitu ruang uji dan ruang instrumen. Pengukuran konsentrasi gas

dilakukan dalam rentang waktu tertentu sampai tercapai nilai konsentrasi maksimum gas tercapai pada kotak uji dengan menguapkan gas yang dideteksi

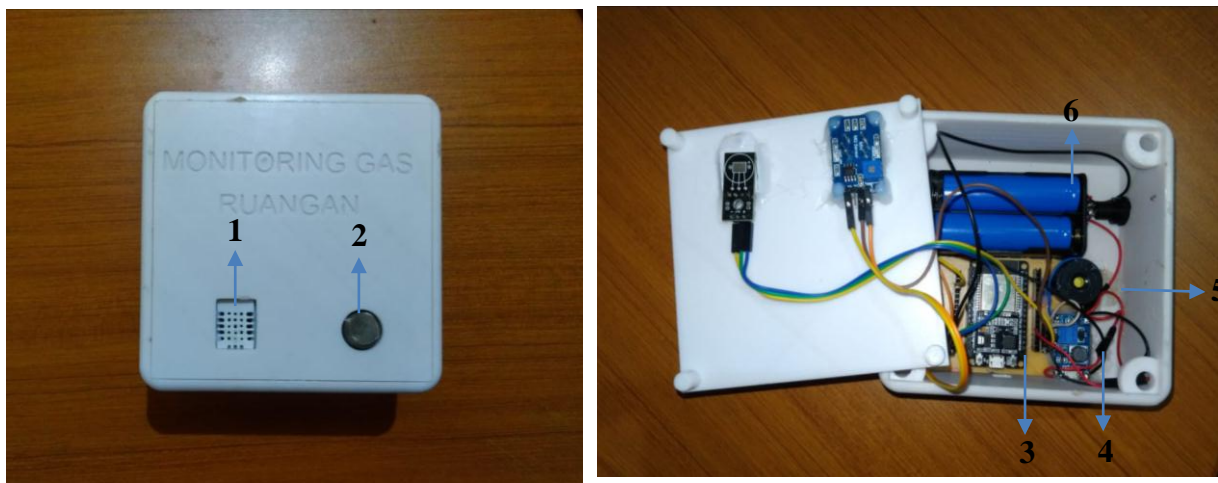
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini adalah Prototype Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) Di Laboratorium Fisika. Rancangan perangkat keras dimulai dari pembuatan desain box casing dengan tiga dimensi dengan menggunakan software autocad. Desain box casing dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Desain *cashing* perangkat keras sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT.

Desain 3D ini selanjutnya dicetak dengan menggunakan printer 3D. Ukuran dari box casing ini adalah 12 cm x 12 cm x 6 cm. Terdapat 2 bagian lubang pada tutup bagian atas yang berbentuk persegi panjang dan lingkaran yang digunakan sebagai tempat sensor DHT 11 dan sensor MQ 135. Penampakan hasil cetak beserta rangkaian elektronika sistem pemantauan kualitas udara dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. (a) Tampak atas alat monitoring gas ruangan (b) Rangkaian elektronika sistem pemantauan kualitas udara.

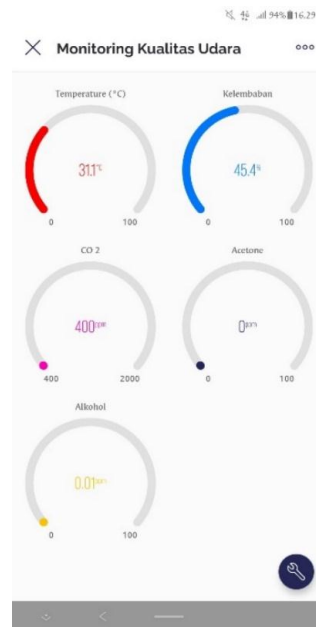
Gambar 4 menunjukkan desain keseluruhan dari instrumen sistem pemantauan kualitas udara. Instrumen sistem pemantauan udara berisi bagian-bagian berikut:

1. Modul sensor DHT 11 berfungsi untuk mengukur temperatur dan kelembaban udara.
2. Modul sensor MQ135 berfungsi untuk mengukur kandungan gas CO₂, alkohol dan acetone di udara.
3. Arduino ESP32 Devkit v1 berfungsi sebagai mikrokontroler yang mengatur jalannya sistem
4. Modul LM2596 berfungsi untuk stepdown power supply.
5. Buzzer berfungsi untuk menghasilkan suara ketika kualitas udara berada pada level tidak aman.
6. Baterai rechargeable tipe 18650 sebagai sumber tegangan yang dibutuhkan oleh sistem.

Sensor DHT 11 dan sensor MQ135 ditempatkan pada bagian luar *box casing* supaya dapat mengukur kualitas udara dengan akurat. Pemasangan baterai *rechargeable* ke dalam sistem berfungsi untuk membuat sistem selalu dapat menyala meskipun suplai tegangan listrik sedang mati. Tegangan dua baterai *rechargeable* tipe 18650 yang dipasang secara seri adalah 7,2 volt . Oleh karena itu diperlukan modul penurun tegangan (*stepdown power supply*) agar memperoleh tegangan kerja dari sistem yaitu sebesar 5 volt. Modul penurun tegangan yang digunakan adalah modul LM2596. Pin Analog sensor DHT 11 dan MQ 135 dihubungkan masing-masing pada pin 13 dan 34. Sedangkan *buzzer* dihubungkan pada pin 4.

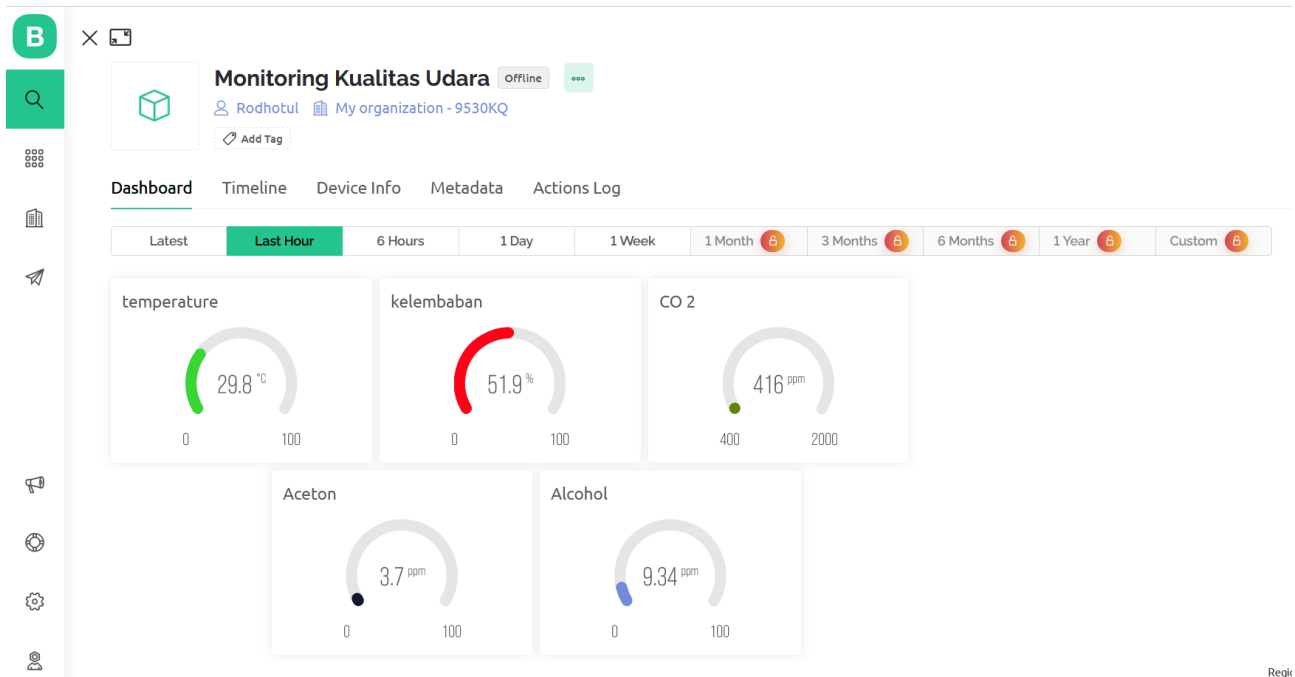
Hasil Prototype Perangkat Lunak

Software atau perangkat lunak yang digunakan pada rancangbangun sistem pemantuan udara ini adalah Arduino IDE sebagai software untuk membuat program pada mikrokontrol dan aplikasi Blynk IoT untuk menampilkan data untuk pengguna secara *realtime*. Blynk adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengendalian perangkat fisik secara jarak jauh melalui aplikasi seluler. Platform Blynk digunakan untuk memantau (*monitoring*) kualitas udara di laboratorium dengan menautkan perangkat keras ke platform Blynk dan mengatur koneksi dengan protokol Wi-Fi. Tampilan aplikasi Blynk pada telepon seluler yang telah kembangkan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Tampilan aplikasi Blynk pada telepon seluler untuk pemantuan kualitas udara.

Aplikasi Blynk juga digunakan untuk menampilkan data melalui komputer desktop yang dipasang di depan laboratorium sehingga peneliti dapat dengan mudah melihat tampilan sistem. Gambar 6 menunjukkan aplikasi Blynk yang ditampilkan pada komputer desktop.



Gambar 6. Tampilan Aplikasi Blynk pada komputer desktop.

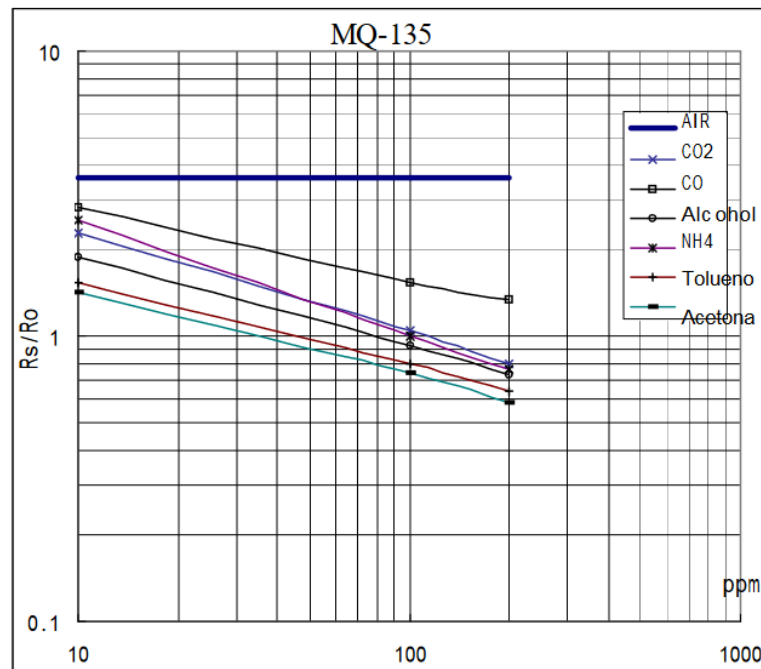
Pada aplikasi Blynk peneliti menampilkan 5 buah pengukur (*gauge*) yang menampilkan lima besaran yang diukur yaitu temperatur, kelembaban, dan kadar gas (Aceton, Alkohol dan CO₂) dalam satuan *part per million* (ppm). Pada gauge temperatur memiliki nilai batas antara 0 sampai 100 dengan satuan derajat celcius. Besaran kelembaban memiliki batas 0 sampai 100 dengan satuan % kelembaban relatif. Kandungan gas CO₂ pada gauge tampilan aplikasi Blynk memiliki rentang 400 sampai dengan 2000 ppm. Nilai ini merupakan nilai yang masih sangat aman untuk kesehatan jauh di bawah nilai ambang CO₂ maksimal yang dikeluarkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) yaitu 5000 ppm dengan paparan 8 jam. Nilai gauge dari gas aceton tercatat 0 sampai 100 ppm. Pengambilan nilai ini adalah nilai pada batas aman yang masih diperbolehkan untuk paparan aceton yaitu sekitar 250 ppm selama 10 jam paparan yang dikeluarkan oleh NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*). Nilai gauge dari alkohol adalah 0 sampai dengan 100 ppm.

Pengujian Sensor MQ135

Sensor gas tipe MQ-135 adalah salah satu jenis perangkat sensor gas yang umum digunakan dalam penelitian yang melibatkan gas. Keunggulan dari sensor ini adalah kemampuannya dalam mendeteksi berbagai jenis gas, sensitivitas yang tinggi, tanggapan yang cepat, serta kestabilan yang andal, dan masa pakai yang lama (Biswal et al., 2019)(Saha et al., 2018). Sensor yang menggunakan material semikonduktor SnO₂ ini menggunakan interaksi antara gas yang dideteksi dengan perubahan nilai resistansi pada sensor (Rani et al., 2020)(Kasbe et al., 2015). Terdapat 4 pin pada sensor MQ135 yaitu pin VCC, Gnd, D0 dan A0. Oleh karena keluaran analog yang diubah menjadi ppm maka pin yang digunakan

yaitu A0. Selain itu, terdapat bagian sensor yang penting dalam konversi ppm yaitu resistor beban atau Rload (RL). Resistor beban ini harus disesuaikan dengan datasheet yang ada.

Nilai yang terbaca pada serial monitor masih berupa tegangan analog dan belum terkalibrasi. Selanjutnya untuk mengkalibrasi agar nilai pembacaan sensor menjadi nilai ppm (*part per million*). Tahap awal yang dilakukan adalah menentukan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas aseton, alkohol, karbon dioksida. Titik-titik koordinat untuk beberapa gas tersebut diperoleh dengan menggunakan bantuan aplikasi WebPlotDigitizer (Umbu, 2023). Gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 yang diperoleh dari *datasheet* ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7. Karakteristik sensitivitas sensor MQ135 untuk beberapa gas (ELECTRONICS CO.,LTD, n.d.).

Grafik diatas adalah acuan untuk mengkalibrasi sensor agar bisa menemukan nilai ppm. Untuk mencari nilai Rs/ Ro perlu mencari nilai Rs dan nilai Ro. Dimana Rs adalah nilai resistansi Sensor pada konsentrasi gas dan Ro adalah tahanan sensor pada udara yang bersih. Rs/ Ro juga bisa disebut sebagai rasio. Pada saat udara bersih, rasio sebesar 3,6. Untuk mencari nilai Rs, diperlukan rumus :

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

Dimana nilai Vc adalah tegangan input untuk sensor MQ-135 dan RL adalah nilai tahanan yang ada pada MQ-135 sebesar 10K. VRL adalah nilai tegangan pada tahanan RL. Setelah didapatkan nilai Rs maka selanjutnya menghitung nilai Ro menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_o = \left(\frac{R_s}{3,6} \right) \quad (2)$$

Setelah itu rumus pencarian R_s dan R_o dimasukkan pada pemrograman pada Arduino IDE. Kemudian *debug code program* ke mikrokontroler yang digunakan dan telah terhubung dengan sensor MQ-135. nilai R_o sebesar 10K pada saat RL sebesar 10K. Setelah mendapatkan nilai R_o dan R_s , selanjtnya dapat menghitung rasio dari sensor. Berdasarkan grafik pembacaan gas amonia pada gambar 4.7, didapatkan rasio pada saat 1 nilai ppm adalah 100, pada saat 0,9 nilai ppm adalah 140 dan pada saat 0,8 nilai ppm adalah 185. Untuk menghubungkan nilai rasio dan nilai ppm, menggunakan persamaan logaritmik seperti pada rumus dibawah ini :

$$\log(y) = m * \log(x) + b \quad (3)$$

dengan :
 y = ratio (R_s/R_o)
 x = ppm
 m = kemiringan garis pada grafik
 b = titik persimpangan

Hasil Pengujian Performa Pengukuran Sistem

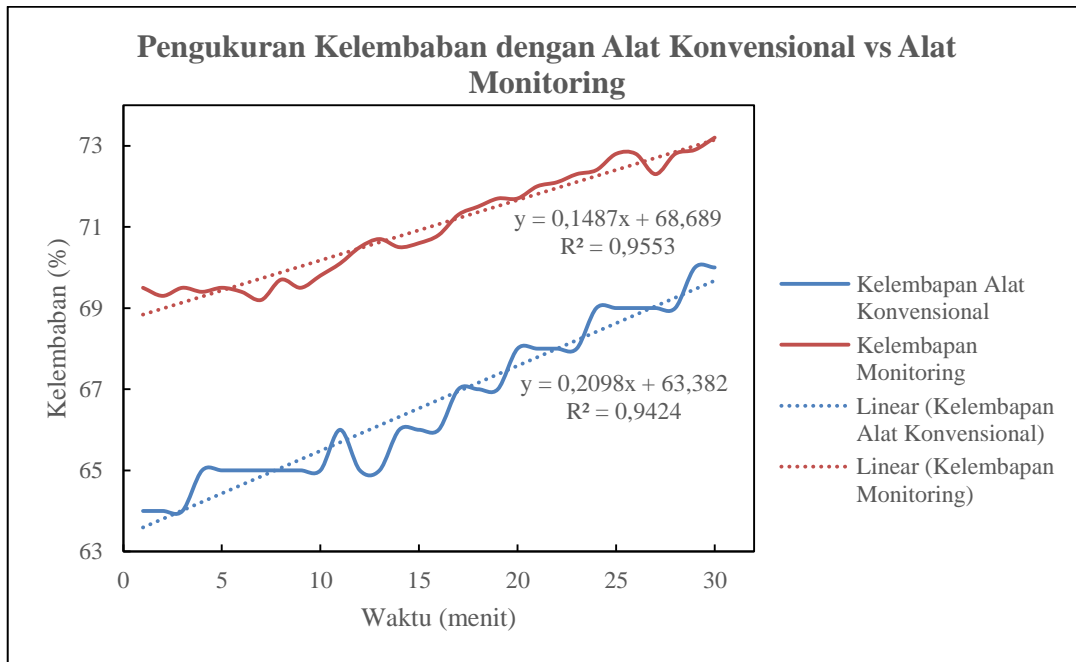
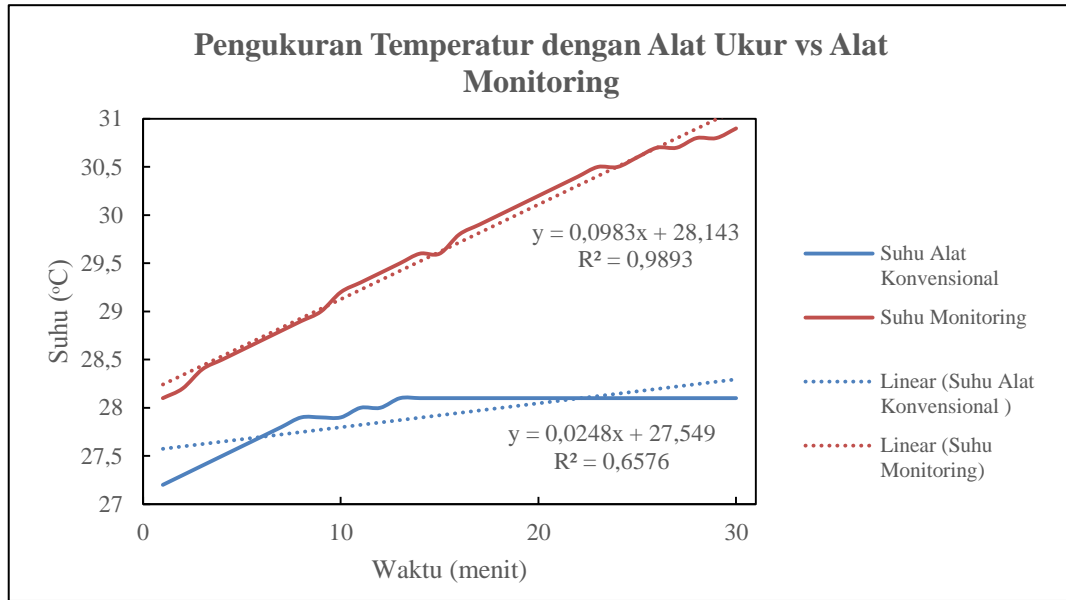
Pengukuran tiap parameter besaran yang akan diukur dilakukan dengan menggunakan kotak kaca berukuran 60 cm x 30 cm x 35cm yang disekat menjadi dua bagian tetapi masih terdapat lubang diantara dua ruang tersebut. Gambar 8 menunjukkan proses pengukuran suhu dan kelembaban dengan menggunakan kotak kaca.



Gambar 8. Proses pengukuran kelembaban dengan kotak kaca yang terdiri dari 2 ruang.

Penggunaan kotak kaca bertujuan untuk memudahkan proses pengukuran pada ruang tertutup yang tidak terganggu oleh kondisi lingkungan sekitar. Pemisahan ruang uji dan ruang instrumen bertujuan agar hasil pengukuran menjadi lebih akurat karena instrumen tidak secara langsung terkena bahan yang akan diukur kadarnya.

Pengukuran suhu dan kelembaban dilakukan dengan menyemprotkan air pada ruang uji (kotak kaca) secara berkala tiap menit dan mencatat hasilnya pada tabel pengamatan. Selain itu peneliti juga menggunakan alat pembanding yang dimasukkan dalam ruang instrumen. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 9.

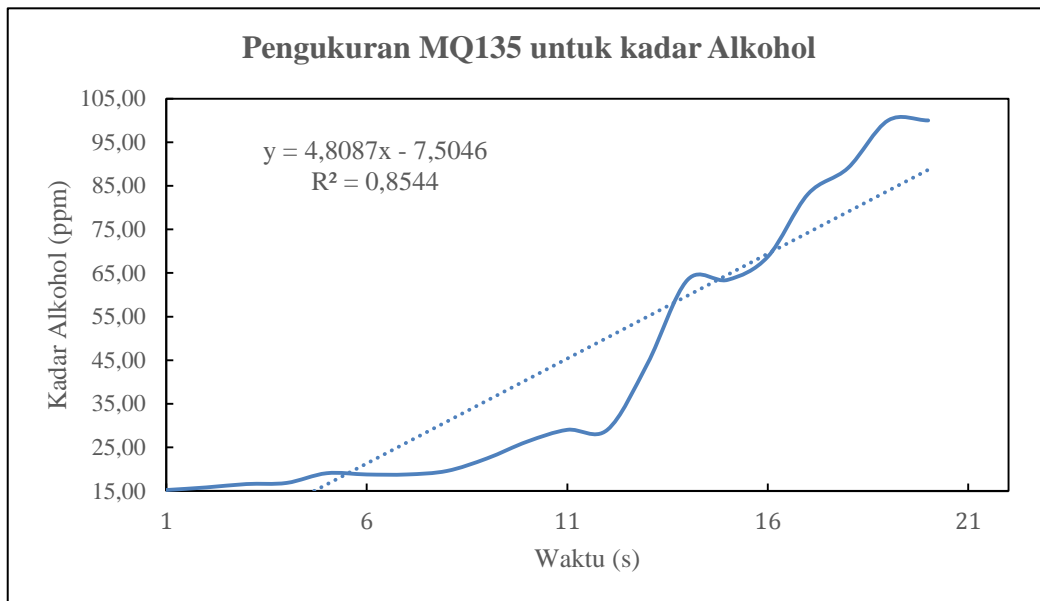


Gambar 9. Grafik Pengukuran Suhu dan Kelembaban dengan Alat Ukur Konvensional dan Alat Monitoring

Grafik pada gambar 9 menunjukkan perbandingan pengukuran temperatur dan kelembaban dengan menggunakan alat ukur *thermohygrometer* (*Global Instrument*) yang banyak dijual dipasaran dengan alat

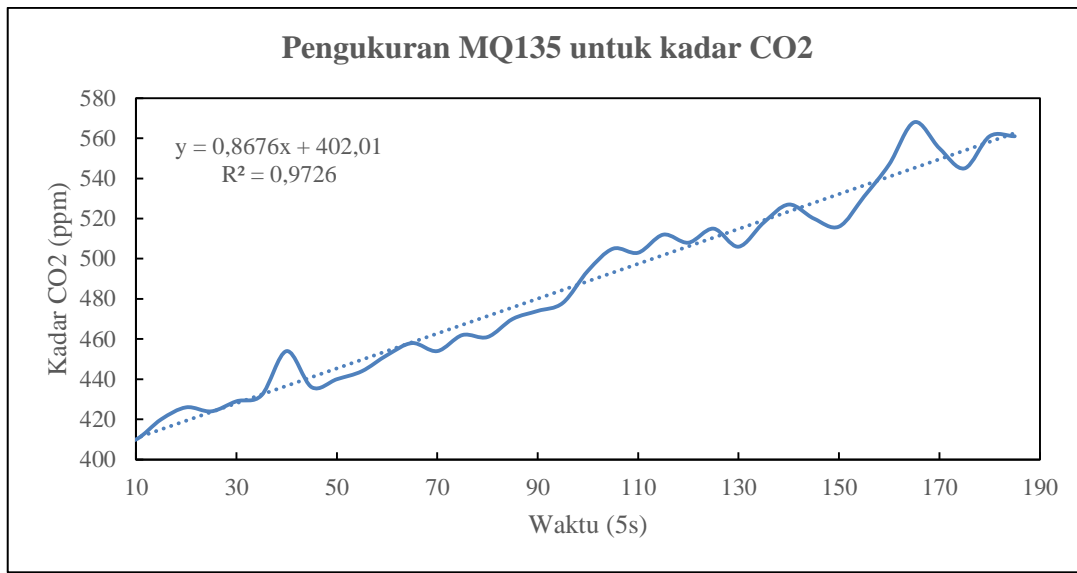
ukur monitoring kualitas udara yang dikembangkan. Grafik pengukuran sistem monitoring menunjukkan pola regresi linear baik untuk pengukuran suhu maupun kelembaban dengan koefisien determinasi masing-masing 0,98 dan 0,94. Hal ini menunjukkan jika sensor DHT 11 yang digunakan dapat merespon perubahan suhu dan kelembaban yang terjadi pada ruang di kotak uji. Grafik pengukuran untuk alat thermohygrometer (*Global Instrument*) menghasilkan koefisien determinasi yang kurang baik pada pengukuran suhu yaitu sebesar 0,65. Hal ini kemungkinan disebabkan karena respons sensor pada alat acuan ini terlambat atau alat sudah mengalami kerusakan pada sensor temperaturnya. Koefisien determinasi pengukuran kelembaban pada alat thermohygrometer ini masih baik dengan nilai 0,95. Hal ini menunjukkan bahwa alat thermohygrometer masih merespon dengan baik perubahan kelembaban ruangan.

Pengukuran konsentrasi gas Alkohol, gas Aseton dan gas karbon dioksida (CO₂) dilakukan dengan menggunakan box kaca yang sama yang digunakan untuk pengukuran suhu dan kelembaban. Pengukuran gas dilakukan satu persatu untuk masing-masing jenis gas. Gas dihasilkan dengan menguapkan alkohol pada ruang uji (bagian kanan) dan mencatat perubahan konsentrasi alkohol dalam box kaca dengan menggunakan *screen recorder* pada PC yang digunakan untuk monitor.



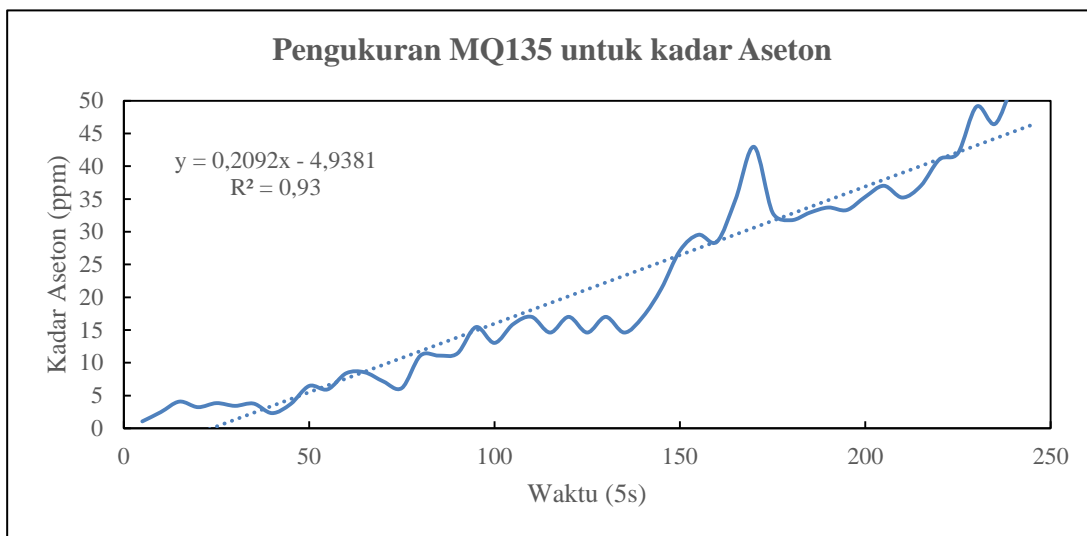
Gambar 10. Hasil pengukuran kadar alkohol dengan menggunakan sistem pemantauan.

Grafik 10 menunjukkan hasil pengukuran kadar alkohol pada ruang uji pada box kaca. Kadar alkohol meningkat cepat pada ruang dalam waktu kurang dari 20 detik sudah mencapai nilai maksimal. Hal ini disebabkan karena sifat alkohol yang memang mudah menguap. Koefisien determinasi yang diperoleh dari pengukuran kadar alkohol ini sebesar 0,85. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespon dengan baik dengan perubahan kadar alkohol di dalam ruangan.



Gambar 11. Hasil pengukuran kadar CO₂ pada ruang box kaca

Pengukuran gas CO₂ dilakukan dengan membakar obat nyamuk bakar untuk menghasilkan gas karbon dioksida. Grafik pada gambar 11 menunjukkan hasil pengukuran CO₂ yang menghasilkan koefisien determinasi 0,97. Hal ini menunjukkan jika sistem pemantauan mampu mendeteksi perubahan konsentrasi gas CO₂ yang terjadi di dalam ruang. Pengukuran gas aseton dilakukan dengan menguapkan aseton cair pada ruang uji. Perubahan konsentrasi aseton di ruang uji dipantau dengan merekam layar pada tampilan Blynk desktop. Hasil pengukuran Aseton dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik pengukuran kadar aseton sistem pemantauan

Kadar aseton yang dapat diukur oleh sistem menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0,93. Hal ini menunjukkan jika sistem telah mampu mengukur perubahan kadar aseton dalam ruangan. Dari ketiga

parameter gas masing-masing telah menunjukkan respon yang baik dari sensor terhadap perubahan konsentrasi gas

KESIMPULAN

Penelitian telah berhasil mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *internet of things* (IoT). Hasil pengukuran menunjukkan koefisien determinasi dari masing-masing parameter yang diukur memiliki nilai rata-rata 0,91. Hal ini menunjukkan jika sistem dapat merespon perubahan konsentrasi gas yang diujikan pada kotak uji. Monitoring kualitas udara mencakup suhu, kelembaban, kadar alkohol, kadar aseton, dan kadar CO₂ dalam ruang laboratorium. Pemantauan kualitas udara dapat dilakukan melalui *smartphone* dengan aplikasi *Blynk* maupun melalui desktop PC dengan mengakses *Blynk cloud*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada Universitas Negeri Semarang yang melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) yang telah mendanai penelitian ini dengan melalui Dokumen Pelaksanaan Anggaran (DPA) Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Semarang (UNNES) Nomor DPA: 023.17.2.690645/2023.10 Revisi 2 sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Tenaga Kependidikan Fungsional Khusus Dana DPA LPPM UNNES Tahun 2023 Nomor: 384.12.4/UN37/PPK.10/2023

DAFTAR PUSTAKA

- Athqiya, A.A., Haqi, D.N., Alayyannur, P.A., Paskarini, I., Sugiharto, F.M., 2019. Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Controls in Laboratories. *Indian J. Public Health Res. Dev.* 10, 877. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2019.01688.7>
- Biswal, A., Subhashini, J., Pasayat, A.K., 2019. Air quality monitoring system for indoor environments using IoT. Presented at the The 11th National Conference On Mathematical Techniques And Applications, Chennai, India, p. 020180. <https://doi.org/10.1063/1.5112365>
- Butler, J.M., Johnson, J.E., Boone, W.R., 2013. The heat is on: room temperature affects laboratory equipment—an observational study. *J. Assist. Reprod. Genet.* 30, 1389–1393. <https://doi.org/10.1007/s10815-013-0064-4>
- Diharja, R., Rivai, M., Mujiono, T., Pirngadi, H., 2019. Carbon Monoxide Sensor Based on Non-Dispersive Infrared Principle. *J. Phys. Conf. Ser.* 1201, 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1201/1/012012>
- Electronics Co.,Ltd, H., N.D. Technical Data Mq-135 Gas Sensor.
- Fathulrohman, Y.N.I., Saepuloh, A., Kom, M., 2018. Alat Monitoring Suhu Dan Kelembaban Menggunakan Arduino Uno 2.
- Feng, L., Wang, J., Chen, Y., Ding, C., 2021. Detection and Early Warning of Toxic Gases Based on Semiconductor Wireless Sensors. *J. Sens.* 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/6988676>
- Gessal, C.I.Y., Lumenta, A.S.M., Arie S.M., A.S.M., 2019. Kolaborasi Aplikasi Android Dengan Sensor MQ-135 Melahirkan Detektor Polutan Udara. *J. Tek. Inform.* 14.
- Hardianti, D., Rizki, M., Yanti, F., 2019. Penggunaan Dht11 Dan Arduino Uno Sebagai Pendeteksi Suhu Pada Laptop. *Relativ. J. Ris. Inov. Pembelajaran Fis.* 1, 38. <https://doi.org/10.29103/relativitas.v1i2.1463>
- Hp, G.M., 2022. Air Quality Monitoring and Alert System Using MQ135 Gas Sensor with Arduino Controller 3.
- Hussein, A.H., 2019. Internet of Things (IOT): Research Challenges and Future Applications. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 10.

- Indahwati, E., n.d. Rancang Bangun Alat Pengukur Konsentrasi Gas Karbon Monoksida(CO) Menggunakan Sensor Gas MQ-135 Berbasis Mikrokontroler Dengan Komunikasi Serial USART.
- Kasbe, M.S., Deshmukh, S.L., Mujawar, T.H., Bachuwar, V.D., Deshmukh, L.P., Shaligram, A.D., 2015. An Electronic nose with LabVIEW using SnO₂ Based Gas Sensors: Application to test freshness of the fruits 6.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., Bezirtzoglou, E., 2020. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front. Public Health* 8, 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Radouan Ait Mouha, R.A., 2021. Internet of Things (IoT). *J. Data Anal. Inf. Process.* 09, 77–101. <https://doi.org/10.4236/jdaip.2021.92006>
- Rani, S.U., Rajarajeswari, S., Jaimon, J.G., 2020. Real-Time Air Quality Monitoring System Using Mq135 And Thingsboard. *J. Crit. Rev.* 7.
- Saha, A.K., Sircar, S., Chatterjee, P., Dutta, S., Mitra, A., Chatterjee, A., Chattopadhyay, S.P., Saha, H.N., 2018. A raspberry Pi controlled cloud based air and sound pollution monitoring system with temperature and humidity sensing, in: 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). Presented at the 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), IEEE, Las Vegas, NV, pp. 607–611. <https://doi.org/10.1109/CCWC.2018.8301660>
- Salamah, U., Hidayah, Q., Kusuma, D.Y., 2022. CO₂ detection system in mixed gas using MQ-135 sensor. *Newton-Maxwell J. Phys.* 2. <https://doi.org/10.33369/nmj.v2i2.18730>
- Srinivas, D.C., Kumar.Ch, M., n.d. Toxic Gas Detection And Monitoring Utilizing Internet Of Things. *Int. J. Civ. Eng. Technol. IJCIET* 8, 614–622.
- Susilawati, H., Rukmana, A., Apip, J., 2020. Rancang Bangun Prototype Monitoring Kadar Gas Co, Co₂, Ch₄ Berbasis Mikrokontroler Atmega328p Di Ruang Laboratorium Kimia.
- Umbu, A.B.S., 2023. Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 Untuk Menentukan Persamaan Hubungan Antara ppm dan Rs/Ro 11.
- Waworundeng, J.M.S., Lengkong, O., 2018. Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruang dengan Platform IoT. *CogITO Smart J.* 4, 94–103. <https://doi.org/10.31154/cogito.v4i1.105.94-103>