

Sistem Deteksi Dan Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis IoT

Nessa Aqila Zulfahmi Putri*¹, Uray Ristian², Rahmi Hidayati³

^{1,2,3}Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jalan Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Kota Pontianak, 78124

e-mail: *nessa.aqila@student.untan.ac.id, eristian@siskom.untan.ac.id,
rahmihidayati@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Kualitas udara dalam ruangan berhubungan dengan kenyamanan serta kesehatan manusia didalamnya. Penyebab kualitas udara menjadi buruk atau pengap dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan banyaknya aktivitas manusia di dalam suatu ruangan yang berhubungan dengan kadar karbon dioksida. Untuk mendeteksi kualitas udara, sistem berbasis IoT dibangun untuk mendeteksi status kualitas udara dalam ruangan dengan parameter berupa suhu, kelembaban, dan karbon dioksida. Status kualitas udara yang ditetapkan dalam penelitian ini meliputi tidak pengap, cukup pengap, pengap, atau sangat pengap. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor DHT11 dan MH-Z19B. Pengujian dilakukan di tiga ruangan berbeda yaitu Laboratorium Komputer A, Laboratorium Komputer B, dan Laboratorium Workshop gedung program studi Rekayasa Sistem Komputer Universitas Tanjungpura Pontianak. Hasil penelitian ini meliputi alat yang menampilkan informasi suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida pada LCD 16x2 dengan lampu LED yang menyala apabila nilai parameter melebihi ambang batas yang ditetapkan dan sebuah website. Dari hasil pengujian pada tiga ruangan, didapatkan suhu yang terdeteksi rata-rata sebesar 27,51°C, kelembaban yang terdeteksi sebesar 52,34%, dan rata-rata karbon dioksida yang terdeteksi adalah 703,36 PPM. Berdasarkan ketiga parameter tersebut, rata-rata status kualitas udara yang terdeteksi cukup pengap. Sistem mampu mendeteksi kualitas udara dalam ruangan dengan rata-rata akurasi sistem secara keseluruhan mencapai 90,31%.

Kata kunci— Internet of Things, Pendeteksi, Kualitas Udara, Ruang

Abstract

The indoor air quality is related to the comfort and health of the people inside. The causes of poor air quality or stuffiness can be influenced by three parameters: temperature, humidity, and the levels of carbon dioxide. To detect air quality, an IoT-based system was developed to monitor the status of indoor air quality. The air quality statuses defined in this study include not stuffy, moderately stuffy, stuffy, or very stuffy. The sensors used in this study are DHT11 and MH-Z19B. Testing was conducted in three different rooms: Computer Laboratory A, Computer Laboratory B, and the Workshop Laboratory of the Computer System Engineering program at Tanjungpura University, Pontianak. The results of this study include a device that displays information on temperature, humidity, and carbon dioxide levels on a 16x2 LCD with LED lights that turn on when parameter values exceed the set thresholds, and a website. The average detected temperature was 27.51°C, humidity was 52.34%, and the average carbon dioxide level was 703.36 PPM. Based on these three parameters, the average detected air quality status was moderately stuffy. The system was able to detect indoor air quality with an overall average system accuracy of 90.31%.

Keywords— Internet of Things, Detector, Air Quality, Room

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan komponen penting dalam kehidupan manusia. Udara yang berkualitas baik di dalam ruangan dapat didefinisikan sebagai udara yang tidak mengandung zat-zat pencemar yang dapat menyebabkan iritasi, ketidaknyamanan, atau bahkan membahayakan kesehatan orang yang berada di dalamnya [1]. Penyebab kualitas udara menjadi buruk dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan banyaknya aktivitas manusia di dalam suatu ruangan yang berhubungan dengan kadar karbon dioksida (CO₂). Dalam menentukan kualitas udara, kenyamanan termal menjadi aspek kenyamanan yang kritis karena berkaitan dengan kenyamanan ruangan secara umum [2]. Faktor-faktor iklim yang terkait dengan kenyamanan termal adalah suhu udara dan kelembaban. Suhu udara yang tinggi dapat menyebabkan ketidaknyamanan di dalam ruangan. Kelembaban tinggi dapat menyebabkan hipertermia atau pemanasan berlebihan akibat ketidakmampuan tubuh untuk melepaskan panas secara efektif [3]. Kekurangan sirkulasi udara dalam ruangan dapat mengakibatkan penurunan kadar oksigen di dalam ruangan, yang pada gilirannya meningkatkan konsentrasi CO₂ yang bersifat beracun bagi penghuni ruangan [4].

Suhu dan kelembaban yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan dalam ruangan dapat menyebabkan orang di dalamnya pengap dan panas [5]. Selain itu, kadar karbon dioksida yang mencapai ambang batas dinyatakan berbahaya [6]. Ruangan laboratorium yang tertutup dan dipenuhi mahasiswa berpotensi menjadi ruangan yang pengap. Ruangan yang pengap tentunya mempengaruhi kesehatan pengguna dalam ruangan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem pendeteksi kualitas udara dibangun untuk memantau tingkat kepengapan dalam ruangan secara *real-time* dengan sistem peringatan dini bagi pengguna ruangan. Sistem pendeteksi kualitas udara ini juga dapat dipantau dari jarak jauh untuk dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Teknologi IoT merupakan konsep perangkat yang dapat mengirimkan data melalui internet tanpa interaksi manusia secara langsung [7].

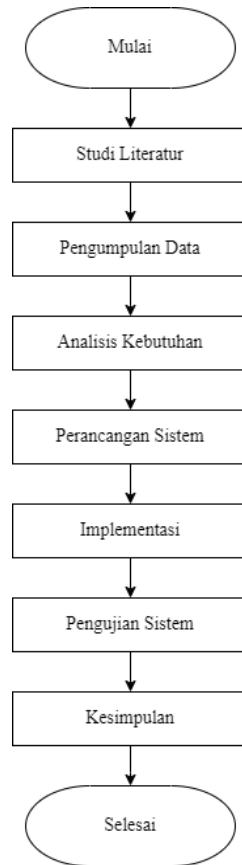
Terdapat beberapa penelitian relevan sebelumnya yang menjadi dasar dari penelitian ini. Salah satunya adalah sebuah penelitian yang dilakukan pada tahun 2019 tentang pendeteksi kualitas udara pada daerah sekitar PLTU [8]. Pada penelitian ini dibangun suatu sistem pendeteksi kualitas udara yang dipasang pada daerah sekitar PLTU dengan memanfaatkan IoT. Selain itu hasil pendeteksian ditampilkan dalam bentuk antarmuka *website*. Penelitian terkait lain juga dilakukan sebelumnya tentang pendeteksi suhu dan kelembaban pada ruangan data center [9]. Pada penelitian ini menggunakan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban dalam ruangan *Data Center*. Penelitian ini juga memanfaatkan IoT. Apabila kadar suhu dan kelembaban melewati ambang batas, maka LED dan buzzer akan menyala. Penelitian relevan lainnya mengenai sistem penyerapan gas karbon dioksida pada tanaman dengan sensor MH-Z19 [10]. Pada penelitian ini sensor yang digunakan untuk mendeteksi penyerapan gas karbon dioksida oleh tumbuhan adalah sensor inframerah MH-Z19. Hasil pendeteksian ditampilkan pada layar LCD.

Berdasarkan dari penelitian terkait yang telah dipaparkan, penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu sistem pendeteksi kualitas udara dalam ruangan dengan memanfaatkan teknologi IoT. Ruangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laboratorim Komputer A, Laboratorium Komputer B, dan Laboratorium Workshop gedung prodi Rekayasa Sistem Komputer Universitas Tanjungpura Pontianak. Status kualitas udara yang dideteksi adalah tingkat kepengapan dalam ruangan dengan mengacu pada parameter suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida. Untuk mendeteksi suhu dan kelembaban digunakan sensor DHT11, sedangkan untuk mendeteksi kadar karbon dioksida dalam ruangan menggunakan sensor inframerah MH-Z19B.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dibangun suatu sistem pendeteksi kualitas udara dalam ruangan berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah meliputi studi literatur, pengumpulan data, dan analisis kebutuhan. Tahapan ini adalah disebut studi pengumpulan data termasuk kajian mendalam mengenai kualitas udara dengan parameter suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida, pengumpulan data terkait, dan analisis kebutuhan

perangkat apa saja yang diperlukan untuk penelitian. Setelah itu dilakukan perancangan sistem meliputi perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, dan perancangan basis data. Selanjutnya adalah implementasi dari hasil perancangan dan pengujian sistem. Tahapan terakhir adalah penarikan kesimpulan dari seluruh hasil penelitian. Gambar diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Metodologi Penelitian

2.1 Kualitas Udara

Kualitas udara dalam ruangan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan kadar karbon dioksida. Suhu yang nyaman dalam ruangan berada di rentang $20,5^{\circ}\text{C}$ – $27,1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban untuk ruangan dengan jumlah orang yang padat seperti ruangan kelas adalah sekitar 55% - 60% [11]. Sementara itu, kadar CO₂ yang mencapai ambang batas 1000 ppm dinyatakan berbahaya [6]. Ambang batas yang ditetapkan untuk suhu pada penelitian ini adalah $27,1^{\circ}\text{C}$. Ambang batas untuk kelembaban adalah 60% dan karbon dioksida adalah 1000 PPM. Penentuan standar status kualitas udara didasarkan dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077 Tahun 2011 tentang status kualitas udara dalam ruang. Dalam peraturan tersebut, terdapat dua indikator yang digunakan untuk kualitas udara, yaitu “aman” dan “berbahaya” [12].

2.2 Internet of Things (IoT)

Teknologi IoT merupakan konsep perangkat yang dapat mengirimkan data melalui internet tanpa interaksi manusia secara langsung [7]. Dalam konsep IoT, suatu objek atau perangkat terhubung dengan perangkat lainnya melalui jaringan internet. “Internet of Things” terdiri dari kata “internet” yang mengatur konektivitas dan “things” yang merujuk pada objek atau perangkat yang dapat mengumpulkan dan mengirimkan data ke jaringan internet.

2.3 NodeMCU ESP32

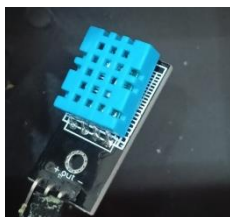
Mikrokontroler NodeMCU ESP32 memiliki fasilitas Wifi dengan kecepatan yang tinggi sehingga sangat sesuai untuk mendukung implementasi teknologi jaringan *Internet of Things* (IoT) [13], [14]. Pada penelitian ini, NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler yang digunakan untuk pengontrol pada sistem pendeteksi kualitas udara. NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 NodeMCU ESP32

2.4 Sensor DHT11

DHT11 merupakan sebuah *chip* sensor tunggal yang dapat mengukur kelembaban relatif dan suhu secara simultan [14]. Sensor ini terdiri dari modul yang sudah dikalibrasi dengan keluaran digital. Keluaran dari sensor DHT11 berupa sinyal digital. Dalam penelitian ini, sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam ruangan. Gambar dari sensor DHT11 yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Sensor DHT11

2.5 Sensor MH-Z19B

Sensor MH-Z19 adalah tipe sensor NDIR (*Non-Dispersive Infra Red*) yang berfungsi mendeteksi konsentrasi gas CO₂ dengan mengukur absorpsi panjang gelombang inframerah oleh gas tersebut [15]. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor seri MH-Z19B dengan kapasitas pengukuran karbon dioksida sebesar 0-5000 ppm. Sensor MH-Z19B yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



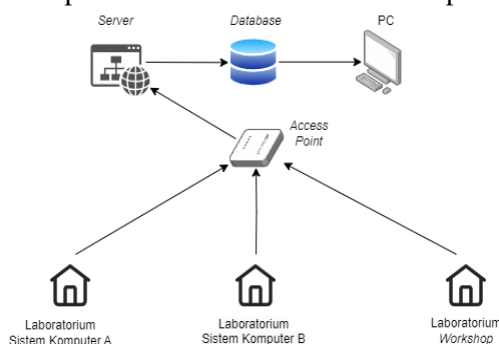
Gambar 3 Sensor MH-Z19B

2.5 Perancangan Sistem

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini berfokus pada pendeteksian kualitas udara dalam ruangan dengan memperhitungkan tiga parameter utama: suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida. Status kualitas udara dalam ruangan yang ditetapkan pada penelitian ini adalah “tidak pengap”, “cukup pengap”, “pengap”, dan “sangat pengap”. Status kualitas udara dikatakan tidak pengap apabila nilai suhu kurang dari 27,1°C, kelembaban kurang dari 60%, dan kadar karbon dioksida kurang dari 1000 PPM. Apabila suhu lebih dari sama dengan 27,1°C,

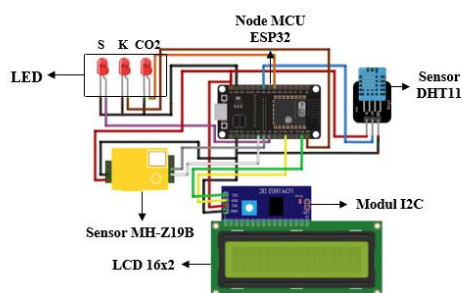
kelembaban lebih dari sama dengan 60%, atau karbon dioksida lebih dari sama dengan 1000 PPM, maka status kualitas udara adalah cukup pengap. Apabila suhu lebih dari sama dengan 27,1°C, kelembaban lebih dari sama dengan 60%, atau karbon dioksida lebih dari sama dengan 1000 PPM, maka status kualitas udara adalah cukup pengap. Apabila dua dari tiga parameter mencapai ambang batas, maka status kualitas udara adalah pengap. Apabila ketiga parameter mencapai ambang batas maka status kualitas udara adalah sangat pengap.

Pada penelitian ini terdapat tiga ruangan yang akan digunakan untuk pengujian. Ruangan tersebut adalah Laboratorium Komputer A, Laboratorium Komputer B, dan Laboratorium Workshop gedung program studi Rekayasa Sistem Komputer Universitas Tanjungpura Pontianak. Pada setiap ruangan, sistem akan mendeteksi suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida dengan *output* sinyal peringatan berupa LED yang menyala merah apabila parameter mencapai ambang batas yang ditetapkan. Data-data berupa nilai suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida tersebut kemudian ditampilkan pada layar LCD 16x2 perangkat keras sistem. Data yang didapat dari setiap ruangan akan dikirim melalui jaringan internet dengan metode HTTP yang diimplementasikan pada mikrokontroler sistem. Data yang didapat dari sensor tersebut kemudian akan dikirim pada *server*. Setelah itu, data disimpan ke *database* dan dapat dipantau oleh pengguna melalui *website*. Deskripsi sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Deskripsi Sistem Keseluruhan

Perancangan keseluruhan perangkat keras pada sistem pendeteksi kualitas udara dalam ruangan berbasis *Internet of Things* terdiri atas mikrokontroler ESP32, dua sensor yaitu sensor DHT11 dan MH-Z19B, tiga buah LED, dan satu buah LCD untuk masing-masing ruangan. Sistem akan mendeteksi suhu dan kelembaban dengan sensor DHT11, sedangkan untuk kadar karbon dioksida di udara dideteksi dengan sensor MH-Z19B. Pada alat juga diberi keterangan lampu LED untuk suhu (S), kelembaban (K), dan karbon dioksida (O₂). Perancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perancangan Perangkat Keras

2.6 Akurasi

Pengujian akurasi dalam pengukuran berfungsi untuk mengukur sejauh mana kuantitas yang diukur mendekati nilai sebenarnya [16]. Kesalahan dalam metode numerik, atau yang sering disebut galat, merujuk pada perbedaan antara nilai yang dihasilkan oleh metode numerik dan nilai

sebenarnya [17]. Dalam penelitian ini, sensor yang akan diukur galatnya adalah sensor DHT11 dan sensor MH-Z19B. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui galat persentase dapat dilihat pada Persamaan (1) [18].

$$\text{Galat (\%)} = \frac{|x-x'|}{x} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

x = nilai pengukuran dengan alat pembanding

x' = nilai pengukuran dengan menggunakan sensor

Persentase akurasi didapatkan dengan mengurangkan nilai persentase penuh (100%) dengan nilai rata-rata galat persentase. Untuk menghitung nilai persentase akurasi sistem menggunakan Persamaan 2 [19].

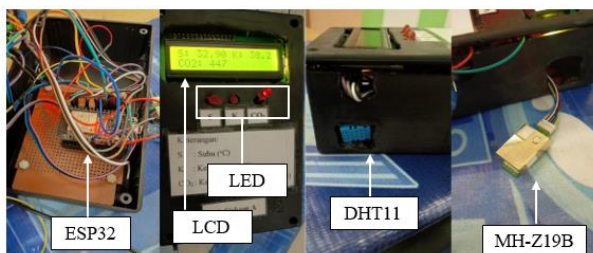
$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Rata Rata Galat (\%)} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini antara lain adalah perangkat keras dan perangkat lunak berupa *website*. Selain itu juga dilakukan pengujian sistem pada 3 ruangan yaitu Laboratorium Komputer A, Laboratorium Komputer B, dan Laboratorium Workshop. Pengujian dilakukan dengan memperhatikan jumlah orang di dalam ruangan sekaligus aktivitas di dalam ruangan tersebut, apakah ada perkuliahan atau tidak. Pengujian dilakukan selama 15 hari dengan masing-masing ruangan adalah 5 hari. Pengujian dilakukan pada waktu yang berbeda sebanyak 6 kali dengan minimal jeda yaitu setengah jam.

3.1 Implementasi Perangkat Keras

Sistem perangkat keras yang dibangun pada penelitian ini terdiri dari komponen-komponen utama yaitu NodeMCU ESP32, sensor MH-Z19B, sensor DHT11, LCD 16x2 dengan modul I2C, beserta tiga LED. NodeMCU ESP32 berperan sebagai mikrokontroler, sensor MH-Z19B berguna untuk mendeteksi kadar karbon dioksida (CO₂) di udara dalam PPM, sensor DHT11 berfungsi mendeteksi suhu dan kelembaban udara masing-masing dalam Celsius dan persentase RH (%) kelembaban, LCD 16x2 berfungsi menampilkan nilai suhu, kelembaban, dan kadar CO₂. Sementara itu, tiga LED akan menyala apabila nilai suhu, kelembaban, dan CO₂ mencapai ambang yang ditetapkan. Implementasi perangkat keras dapat dilihat di Gambar 7.

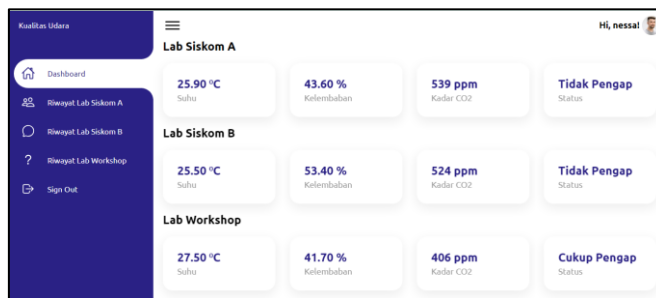


Gambar 7 Implementasi Perangkat Keras

3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Aplikasi *website* dibangun agar pengguna dapat memantau suhu, kelembaban, kadar karbon dioksida, dan status kualitas udara di tiga ruangan yaitu Laboratorium Komputer A, Laboratorium Komputer B, dan Laboratorium *Workshop*. *Website* tersebut dapat diakses dengan

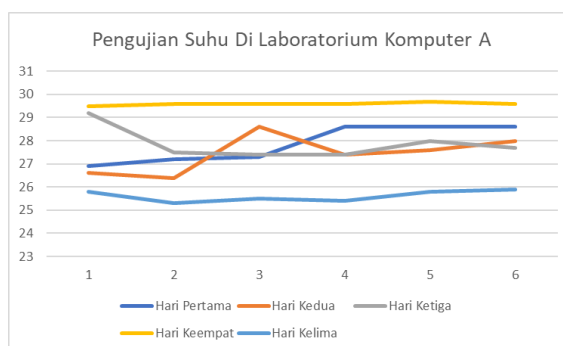
browser menggunakan perangkat pengguna. Tampilan halaman *dashboard website* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan Halaman *Dashboard Website*

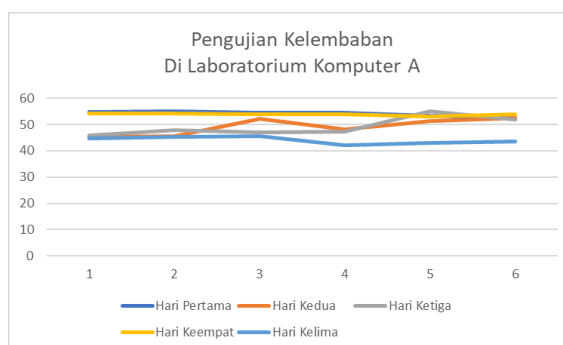
3.3 Pengujian Sistem Di Laboratorium Komputer A

Pengujian di Laboratorium Komputer A meliputi pendeteksian suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida dalam ruangan. Hasil pengujian suhu pada Laboratorium Komputer A dapat dilihat pada Gambar 9.



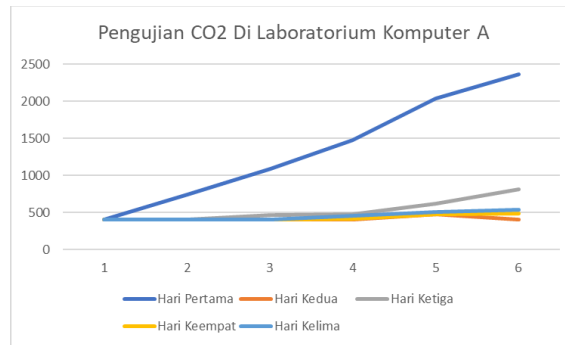
Gambar 9 Grafik Hasil Pengujian Suhu Di Lab A

Berdasarkan Gambar 9, rata-rata suhu yang dideteksi oleh sistem di Laboratorium Komputer A adalah 27,67°C dengan suhu terendah yaitu 25,3°C dan suhu tertinggi yaitu 29,7°C. Hasil pengujian kelembaban di Laboratorium Komputer A dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik Hasil Pengujian Kelembaban Di Lab A

Berdasarkan Gambar 10, Rata-rata kelembaban yang terdeteksi oleh sistem adalah 50,05% dengan kelembaban terendah sebesar 40% dan kelembaban tertinggi 55%. Hasil pengujian karbon dioksida di Laboratorium Komputer A dapat dilihat pada Gambar 11.

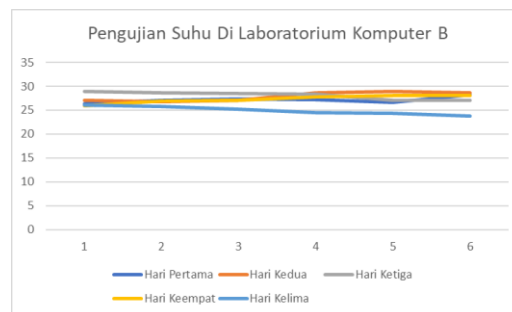


Gambar 11 Grafik Hasil Pengujian Karbon Dioksida Di Lab

Berdasarkan Gambar 11, untuk kadar karbon dioksida dalam ruangan, rata-rata nilai terdeteksi adalah 636,1 PPM dengan kadar terendah yaitu 401 PPM dan kadar tertinggi yaitu 2367 PPM. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, rata-rata status kualitas udara yang tercatat pada hari pertama di Laboratorium A adalah “pengap” dengan jumlah orang mencapai 39 orang. Hari kedua rata-rata status kualitas udara adalah “cukup pengap” dengan jumlah orang mencapai 15 orang. Rata-rata status kualitas udara untuk hari ketiga adalah “cukup pengap” dengan jumlah orang mencapai 15 orang. Pada hari keempat status kualitas udara rata-rata adalah “cukup pengap” dengan jumlah orang mencapai 10 orang. Sedangkan pada hari kelima dengan jumlah orang sebanyak 10 orang, status kualitas udara yang terdeteksi adalah “tidak pengap”.

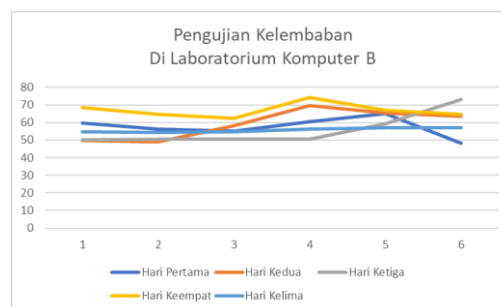
3.4 Pengujian Sistem Di Laboratorium Komputer B

Pengujian di Laboratorium Komputer B meliputi pendeteksian suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida dalam ruangan. Hasil pengujian suhu pada Laboratorium Komputer B dapat dilihat pada Gambar 12.



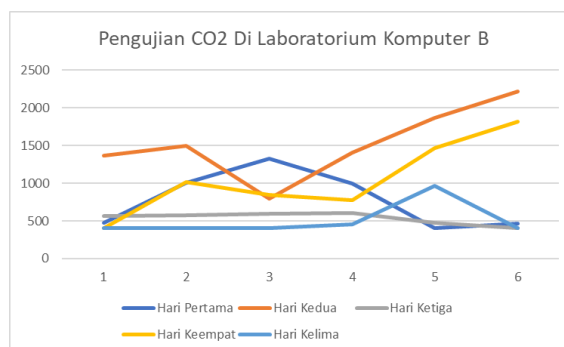
Gambar 12 Grafik Hasil Pengujian Suhu Di Lab B

Berdasarkan Gambar 12, rata-rata suhu yang dideteksi oleh sistem di Laboratorium Komputer B adalah 27,67°C dengan suhu terendah yaitu 23,7°C dan suhu tertinggi yaitu 28,9°C. Hasil pengujian kelembaban di Laboratorium Komputer B dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Grafik Hasil Pengujian Kelembaban Di Lab B

Berdasarkan Gambar 13, rata-rata kelembaban yang terdeteksi oleh sistem adalah 57,96% dengan kelembaban terendah sebesar 50,5% dan kelembaban tertinggi 74,1%. Hasil pengujian karbon dioksida di Laboratorium Komputer B dapat dilihat pada Gambar 14.

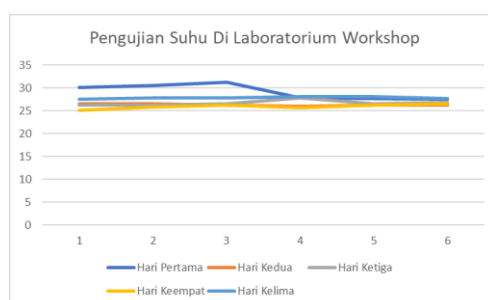


Gambar 14 Grafik Hasil Pengujian Karbon Dioksida Di Lab B

Berdasarkan Gambar 14, untuk kadar karbon dioksida dalam ruangan, rata-rata nilai terdeteksi adalah 880,3 PPM dengan kadar terendah yaitu 401 PPM dan kadar tertinggi yaitu 2367 PPM. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, rata-rata status kualitas udara yang tercatat pada hari pertama di Laboratorium B adalah “cukup pengap”. Status kualitas udara mencapai “pengap” dengan jumlah orang 32 orang pada saat perkuliahan. Hari kedua rata-rata status kualitas udara adalah “sangat pengap” dengan jumlah orang mencapai 32 orang. Rata-rata status kualitas udara untuk hari ketiga adalah “cukup pengap” dengan jumlah orang mencapai 17 orang. Pada hari keempat status kualitas udara yang terdeteksi mencapai status “sangat pengap” dengan jumlah orang mencapai 30 orang. Sedangkan pada hari kelima dengan jumlah orang mencapai 13 orang, status kualitas udara yang terdeteksi adalah “tidak pengap”. Status kualitas udara “sangat pengap” terdeteksi di ruangan ini dikarenakan dalam ruangan yang lebih padat dengan barang dibanding dua ruang lainnya.

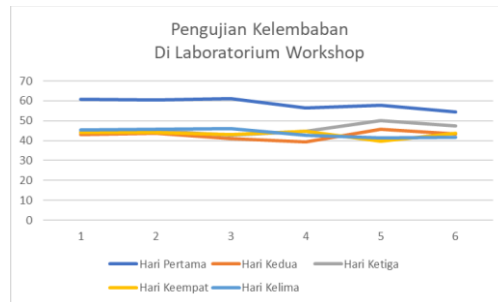
3.4 Pengujian Sistem Di Laboratorium Workshop

Pengujian di Laboratorium Workshop meliputi pendeteksian suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida dalam ruangan. Hasil pengujian suhu pada Laboratorium Workshop dapat dilihat pada Gambar 15.



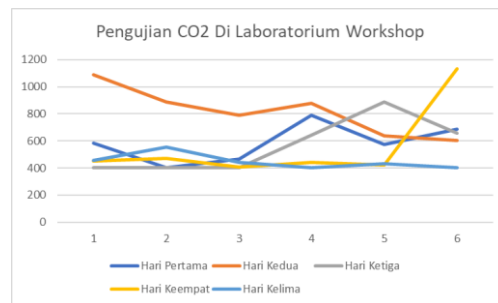
Gambar 15 Grafik Hasil Pengujian Suhu Di Lab Workshop

Berdasarkan Gambar 15, rata-rata suhu yang dideteksi oleh sistem di Laboratorium Workshop adalah 27,81°C dengan suhu terendah yaitu 27,12°C dan suhu tertinggi yaitu 31,3°C. Hasil pengujian kelembaban di Laboratorium Workshop dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 56 Grafik Hasil Pengujian Kelembaban Di Lab Workshop

Berdasarkan Gambar 16, rata-rata kelembaban yang dideteksi oleh sistem di Laboratorium Workshop adalah 49,01% dengan kelembaban terendah yaitu 39,3% dan kelembaban tertinggi yaitu 61%. Hasil pengujian karbon dioksida di Laboratorium Workshop dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 67. Hasil Pengujian Karbon Dioksida Di Lab Workshop

Berdasarkan Gambar 17, untuk kadar karbon dioksida dalam ruangan, rata-rata nilai terdeteksi adalah 593,67 PPM dengan kadar terendah yaitu 403 PPM dan kadar tertinggi yaitu 616,4 PPM. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, status kualitas udara yang tercatat pada hari pertama di Laboratorium Workshop terdeteksi mencapai “pengap” dengan jumlah orang 9 orang dengan kadar suhu dan kelembaban yang melebihi ambang batas. Hari kedua rata-rata status kualitas udara adalah “tidak pengap” dengan jumlah orang mencapai 10 orang. Rata-rata status kualitas udara untuk hari ketiga adalah “tidak pengap” dengan jumlah orang mencapai 15 orang. Pada hari keempat status kualitas udara yang terdeteksi mencapai status “cukup pengap” dengan jumlah orang mencapai 27 orang dengan kadar karbon dioksida yang melebihi ambang batas. Sedangkan pada hari kelima dengan jumlah orang mencapai 7 orang, status kualitas udara yang terdeteksi adalah “cukup pengap”.

3.5 Pengujian Akurasi Sistem

Pada pengujian akurasi sistem, alat pembanding yang digunakan untuk pengujian akurasi sensor DHT11 dan MH-Z19B pada penelitian ini adalah KKMOON *Air Quality Detector CO2 Sensor PPM Meter Gas Analyzer Thermometer - H8* merk OEM 7CHX9KBK. Untuk suhu, galat persentase sensor dan alat pembanding yang didapat dengan menghitung menggunakan Persamaan (1) adalah sebesar 14,53%. Persentase akurasi yang didapat dengan menghitung menggunakan Persamaan (2) adalah 85,47%. Sementara itu untuk kelembaban, galat persentase yang didapat adalah sebesar 6,78%. Persentase akurasi yang didapat dengan menghitung menggunakan Persamaan (2) adalah 93,22%. Untuk karbon dioksida, galat persentase yang didapat adalah sebesar 4,12%. Persentase akurasi sensor MH-Z19B yang didapat dengan menghitung menggunakan Persamaan (2) adalah 95,88%. Dari hasil pengujian akurasi terhadap masing-masing sensor, maka didapat akurasi rata-rata yang dihasilkan oleh sistem yaitu 90,31%.

3.6 Pembahasan

Pada tahap pengujian dan implementasi, faktor-faktor penunjang seperti jumlah orang dalam ruangan, aktivitas dalam ruangan, cuaca, serta sirkulasi udara (terbuka dan tertutupnya pintu) harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil analisis yang mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan berdasarkan parameter suhu, kelembaban, dan kadar karbon dioksida. Suhu dan kelembaban cenderung dipengaruhi oleh cuaca pada hari tersebut. Selain itu, nilai kelembaban cenderung naik pada saat ruangan dalam keadaan terbuka apabila kadar kelembaban di luar ruangan melebihi kadar kelembaban di dalam ruangan. Selain itu, kadar kelembaban dalam ruangan juga dapat turun apabila pintu terbuka apabila kadar kelembaban di luar ruangan lebih rendah dibandingkan dalam ruangan. Untuk parameter karbon dioksida cenderung naik jika ruangan dalam keadaan tertutup dengan orang-orang di dalamnya dan cenderung turun jika ruangan dalam keadaan terbuka.

4. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, penggunaan mikrokontroler NodeMCU ESP32, sensor DHT11, dan sensor MH-Z19B dalam implementasi sistem pendeteksi kualitas udara berbasis IoT beroperasi dengan baik pada setiap ruangan. Dari hasil pengujian sebanyak 90 data selama 15 hari dari tiga ruangan yaitu Lab A, Lab B, dan Lab *Workshop* gedung prodi Rekayasa Sistem Komputer dengan masing-masing sensor didapatkan rata-rata nilai suhu yang terdeteksi adalah 27,51°C dengan suhu terendah yang terdeteksi adalah 23,7°C di Lab A dan suhu tertinggi sebesar 31,3°C terdeteksi di Lab *Workshop*. Sedangkan rata-rata nilai kelembaban yang terdeteksi dari ketiga ruangan adalah 52,34% dengan kelembaban terendah terdeteksi adalah 39,3% di Lab *Workshop* dan kelembaban tertinggi yaitu 74,1% di Lab B. Untuk rata-rata nilai karbon dioksida yang terdeteksi dari ketiga ruangan adalah 703,36 PPM dengan kadar karbon dioksida terendah terdeteksi yaitu 401 PPM di Lab A dan Lab B. Sedangkan kadar karbon dioksida tertinggi terdeteksi di Lab A yaitu sebesar 2367 PPM. Dari hasil pengujian di ketiga ruangan yaitu Lab A, Lab B, dan Lab *Workshop* gedung prodi Rekayasa Sistem Komputer didapatkan rata-rata status kualitas udara adalah cukup pengap. Sistem dapat menghasilkan akurasi mencapai 90,31%.

5. SARAN

Sensor DHT11 dan MH-Z19B harus dikalibrasi secara berkala untuk menjaga akurasi sistem. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan penambahan sensor untuk mendeteksi zat lainnya dalam udara untuk meningkatkan akurasi status kualitas udara yang terdeteksi. Selain itu, diharapkan untuk menambahkan aplikasi lainnya untuk memantau kualitas udara dalam ruangan berbasis Android dengan fitur notifikasi agar informasi dapat diketahui secara cepat oleh pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. P. , D. T. , Suhardi, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Secara Realtime Dengan Peringatan Bahaya Kualitas Udara Tidak Sehat Menggunakan Push Notification," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: 10.26418/coding.v8i2.41539.
- [2] W. C. Dewi, M. Raharjo, and N. E. Wahyuningsih, "Literatur Review : Hubungan Antara Kualitas Udara Ruang Dengan Gangguan Kesehatan Pada Pekerja," *An-Nadaa: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 8, no. 1, p. 88, 2021, doi: 10.31602/ann.v8i1.4815.
- [3] K. P. Sari, "Analisis Perbedaan Suhu Dan Kelembaban Ruangan Pada Kamar Berdinding Keramik," *Jurnal Inkofar*, vol. 1, no. 2, pp. 5–11, 2021, doi: 10.46846/jurnalinkofar.v1i2.156.
- [4] S. Sarmiento, "It's Not Just the Heat, It Really Is the Humidity: Know the Risks," *NBC News*, 2016. [Online]. Available: <https://www.nbcnews.com/health/health-news/it-s-not-just-heat-it-really-humidity-know-risks-n629486>
- [5] F. Gayuh and U. Dewi, "Pengaruh Kecepatan Dan Arah Aliran Udara Terhadap Kondisi Udara Dalam Ruangan Pada Sistem Ventilasi Alamiah," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 299–304, 2012, doi: <https://doi.org/10.21776/jrm.v3i2.153>.

- [6] D. T. Rezalti and Ag. E. Susetyo, "Kadar Suhu Dan Kelembaban Di Ruang Produksi Wedang Uwuh Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa," *IEJST (Industrial Engineering Journal of The University of Sarjanawiyata Tamansiswa)*, vol. 4, no. 2, pp. 70–78, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/IEJST/article/view/9483>
- [7] Kementerian Kesehatan RI, *Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah*. 2011.
- [8] Mambang, *Buku Ajar Teknologi Komunikasi Internet (Internet of Things)*. Banyumas: CV Pena Persada, 2021.
- [9] N. S. Ginting, J. Prayudha, and F. Taufik, "Implementasi Internet of Things (Iot) Sistem Pendeteksi Kualitas Udara Pada Daerah Sekitar Pltu Berbasis Nodemcu," *Jurnal Cyber Tech*, no. x, pp. 1–7, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jct/article/view/674%0Ahttps://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jct/article/viewFile/674/884>
- [10] M. I. Hakiki, U. Darusalam, and N. D. Nathasia, "Konfigurasi Arduino IDE Untuk Monitoring Pendeteksi Suhu dan Kelembaban Pada Ruang Data Center Menggunakan Sensor DHT11," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, p. 150, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1876.
- [11] L. T. Permana, R. Wirawan, and N. Qomariyah, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Penyerapan Gas Karbondioksida (Co2) Oleh Tumbuhan Menggunakan Sensor Mh-Z19," *Indonesian Physical Review*, vol. 4, no. 2, pp. 86–94, 2021, doi: 10.29303/ipr.v4i2.81.
- [12] SNI, *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN, 2001.
- [13] C. I. Y. Gessal, A. S. M. Lumenta, and B. A. Sugiarto, "Kolaborasi Aplikasi Android Dengan Sensor Mq-135 Melahirkan Detektor Polutan Udara," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 14, no. 1, pp. 109–120, 2019, doi: 10.35793/jti.14.1.2019.23983.
- [14] A. Prafanto, E. Budiman, P. P. Widagdo, G. M. Putra, and R. Wardhana, "Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 7, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i1.318.
- [15] Y. N. I. Fathulrohman and M. K. Asep Saepuloh, ST., "Alat Monitoring Suhu Dan Kelembaban Menggunakan Arduino Uno," *Jurnal Manajemen Dan Teknik Informatika*, vol. 02, no. 01, pp. 161–171, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.stmik-dci.ac.id/index.php/jumantaka/article/viewFile/413/467>
- [16] D. R. Gibson and C. MacGregor, "Self powered non-dispersive infra-red CO2 gas sensor," *J Phys Conf Ser*, vol. 307, no. 1, 2011, doi: 10.1088/1742-6596/307/1/012057.
- [17] N. Fitrya, D. Ginting, S. F. Retnawaty, N. Febriani, Y. Fitri, and S. P. Wirman, "Pentingnya Akurasi Dan Presisi Alat Ukur Dalam Rumah Tangga," *Jurnal Pengabdian Untuk Mu NegeRI*, vol. 1, no. 2, pp. 60–63, 2017, doi: 10.37859/jpumri.v1i2.237.
- [18] V. B. Nur, D. Triyanto, and U. Ristian, "Sistem Pemantauan Tempat Penampungan Sampah Secara Realtime Dengan Memanfaatkan Location Tracking Menggunakan Antarmuka Website," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 09, no. 03, pp. 364–374, 2021.
- [19] E. E. P. Rahayu, and F. Zuhairoh, "Perbandingan Solusi Numerik Integral Lipat Dua Pada Fungsi Aljabar Dengan Metode Romberg Dan Simulasi Monte Carlo," *Jurnal MSA (Matematika dan Statistika serta Aplikasinya)*, vol. 5, no. 1, p. 46, 2017, doi: 10.24252/jmsa.v5n1p46.