

Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan pada Laboratorium Berbasis Web dengan Konsep IoT

I Komang Agus Ady Aryanto¹, Yohanes Priyo Atmojo²

¹Rajamangala University of Technology Thanyaburi, ²Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali
e-mail: ¹i_komang@mail.rmutt.ac.th, ²yohanes@stikom-bali.ac.id

Diajukan: 13 Januari 2023; Direvisi: 2 Februari 2023; Diterima: 6 Februari 2023

Abstrak

Salah satu fasilitas pendukung dalam proses pembelajaran adalah ruangan laboratorium. Ruangan laboratorium menjadi tempat melakukan praktik di mana kegiatan ini memerlukan waktu yang cukup lama, sehingga diperlukan lingkungan kerja yang nyaman. Salah satu cara untuk membuat ruangan menjadi nyaman adalah dengan memperhatikan kondisi suhu dan kelembapan di dalamnya. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian untuk mengembangkan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan dengan konsep internet of things. Perancangan sistem ini menggunakan perangkat keras mikrokontroler dan sensor yang dihubungkan dengan digital pin. Mikrokomputer juga digunakan sebagai server dan Broker IoT agar data sensor dapat disimpan dalam database serta setiap perangkat dapat saling berkomunikasi. Proses komunikasi perangkat menggunakan jaringan wi-fi dengan protokol MQTT. Selain itu, nilai suhu dan kelembapan juga dapat diakses oleh pengguna melalui halaman web. Berdasarkan hasil pengujian dengan black box pada aplikasi web mendapatkan hasil yang sesuai diharapkan. Selain itu, hasil pengujian pembacaan perangkat sensor di laboratorium adalah sebagai berikut untuk posisi belakang rentang nilai suhu sekitar 27.8°C – 28.1°C dan kelembapan sekitar 44.1% - 45%, untuk posisi depan rentang nilai suhu sekitar 26.0°C – 26.1°C dan kelembapan sekitar 47.2% - 47.7%, dan untuk posisi tengah rentang nilai suhu sekitar 25.5°C – 25.9°C dan kelembapan sekitar 47.5% - 47.7%.

Kata kunci: Internet of things, Suhu, Kelembapan, Laboratorium, Web.

Abstract

One of the key facilities in the learning process is the laboratory room, where practical activities take place, often requiring a considerable amount of time. Ensuring a comfortable working environment is essential, and monitoring temperature and humidity is crucial in achieving this. Therefore, we conducted research to develop a system using Internet of Things (IoT) concepts for measuring temperature and humidity. The system design incorporates microcontroller hardware and sensors connected via digital pins. A microcomputer serves as a server and IoT broker, facilitating data storage in a database and inter-device communication using Wi-Fi and MQTT protocol. Users can access temperature and humidity data through a web interface. Black box testing on the web application yielded expected results. Additionally, sensor device testing in the laboratory revealed the following ranges, for the back position, temperature ranged from approximately 27.8°C to 28.1°C, humidity from approximately 44.1% to 45%, for the front position, temperature ranged from approximately 26.0°C to 26.1°C, humidity from approximately 47.2% to 47.7%, and for the middle position, temperature ranged from approximately 25.5°C to 25.9°C, humidity from approximately 47.5% to 47.7%.

Keywords: Internet of things, Temperature, Humidity, Laboratory, Web.

1. Pendahuluan

Perguruan tinggi adalah lembaga pendidikan tinggi yang bertujuan untuk mengembangkan potensi mahasiswa. Di perguruan tinggi, tersedia berbagai pilihan jurusan yang sesuai dengan minat dan bakat mahasiswa. Pembelajaran di perguruan tinggi tidak hanya berfokus pada aspek akademis, tetapi juga pada pengembangan keterampilan dan pemahaman praktikum yang mendalam [1]. Untuk mendukung proses pembelajaran ini, diperlukan fasilitas yang memadai dan sesuai dengan kebutuhan akademik mahasiswa. Salah satu fasilitas pendukung tersebut adalah ruang laboratorium yang menjadi tempat praktik bagi mahasiswa dalam menerapkan teori yang dipelajarinya. Diketahui bahwa laboratorium merupakan tempat

kerja di mana kegiatan praktik memerlukan waktu yang cukup lama, sehingga diperlukan lingkungan kerja yang kondusif. Salah satu faktor dalam menciptakan kondisi lingkungan belajar yang kondusif dan efektif adalah kenyamanan di laboratorium. Kenyamanan ini menjadi hal dasar bagi mahasiswa untuk belajar dengan baik sehingga mereka betah berada dalam ruangan laboratorium. Salah satu cara untuk membuat ruangan menjadi nyaman adalah dengan memperhatikan kondisi suhu dan kelembapan di dalamnya. Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian untuk mengembangkan sebuah alat dengan konsep Internet of Things (IoT) yang dapat melakukan pemantauan kondisi suhu dan kelembapan dengan menggunakan modul mikrokontroler dan sensor yang terhubung ke internet serta dapat diakses melalui sebuah aplikasi web dengan data yang *real-time*.

Pada penelitian sebelumnya di tahun 2018 mengenai sistem monitoring suhu dan kelembapan di ruangan perpustakaan, digunakan perangkat Raspberry Pi dan sensor DHT11. Penelitian tersebut berfokus pada pengembangan sistem monitoring dengan Raspberry Pi sebagai *webserver* dan menggunakan aplikasi pihak ketiga, yaitu ThingSpeak, untuk menampilkan dan mengumpulkan data [2]. Kemudian di tahun 2020 mengenai sistem monitoring suhu pada sebuah ruangan, dilakukan dengan mengatur jendela sehingga udara dapat masuk ke dalam ruangan. Namun, proses komunikasi yang digunakan dalam perangkat ini menggunakan modul GSM dengan proses monitoring melalui sebuah pesan [3]. Berdasarkan penelitian yang telah ada, peneliti mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan di laboratorium dengan konsep IoT menggunakan protokol komunikasi MQTT yang lebih ringan. Broker IoT ditempatkan pada Raspberry Pi yang dikelola secara langsung, dan sistem monitoring dilakukan melalui aplikasi web.

Konsep IoT merupakan sebuah teknik yang memungkinkan objek-objek di sekitar kita untuk saling berkomunikasi [4]. Untuk menjalankan komunikasi ini, setiap objek memerlukan identitas yang unik atau mirip dengan manusia yang menggunakan nama untuk saling mengenali satu sama lain. Dengan identitas yang unik ini, objek-objek dalam jaringan IoT dapat saling berkomunikasi, bertukar informasi, dan bekerja sama dalam berbagai konteks. Kemudian, proses komunikasi pada IoT juga menjadi perhatian dalam penelitian ini. Hal ini disebabkan oleh jumlah besar objek yang berkomunikasi dalam lingkungan IoT, yang dapat menyebabkan penumpukan data dan keterlambatan dalam pengiriman informasi. Oleh karena itu, diperlukan protokol komunikasi yang efisien, ringan, dan menggunakan bandwidth yang rendah. Salah satu protokol komunikasi yang sering digunakan untuk IoT adalah MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) [5]. Untuk menggunakan protokol komunikasi ini diperlukan sebuah Broker yang sebagai wadah untuk menampung sebuah data yang dikirimkan oleh masing-masing objek. Selanjutnya, objek-objek ini dibuat dengan sebuah modul mikrokontroler sebagai inti pemrosesan dalam melakukan pembacaan sensor suhu dan kelembapan.

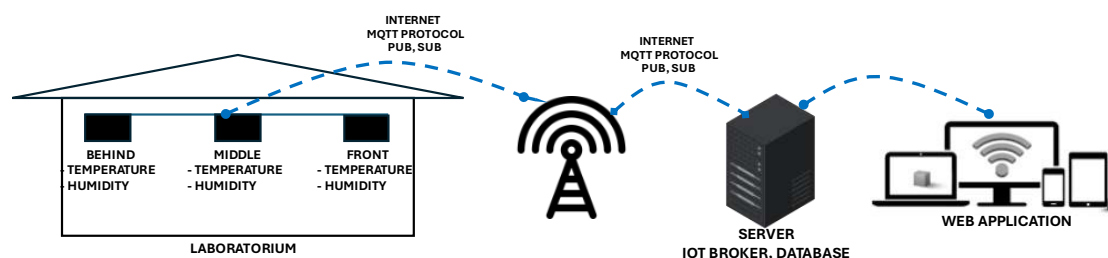
Mikrokontroler adalah sebuah perangkat yang memiliki unit pemrosesan atau CPU, memori, dan perangkat Input/Output (I/O) yang terintegrasi menjadi satu chip untuk membuat suatu sistem yang spesifik. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan sebuah modul board mikrokontroler NodeMCU ESP-12E yang sudah dilengkapi dengan modul jaringan Wi-Fi, sehingga objek IoT dapat terhubung ke jaringan dan berkomunikasi dengan objek yang lainnya. Modul NodeMCU ESP-12E menggunakan mikrokontroler ESP8266 dengan memori untuk flash sebesar 4MB, WiFi 802.11 b/g/n, antarmuka I/O yang meliputi GPIO (General Purpose Input/Output) digital dan analog, UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), SPI (Serial Peripheral Interface), dan I2C (Inter-Integrated Circuit) serta tegangan kerja antara 3.3V hingga 5V DC [6]. Kemudian untuk modul sensor menggunakan DHT11 yang dapat membaca kondisi suhu dan kelembapan. Modul ini terhubung ke mikrokontroler melalui antarmuka digital menggunakan GPIO. Modul sensor ini dapat bekerja pada tegangan 3.3V hingga 5V sehingga dapat menggunakan tegangan langsung dari mikrokontroler. Sensor ini dapat mengukur suhu pada rentang 0°C hingga 50°C dan kelembapan 20% hingga 90% RH dengan konsumsi daya yang rendah sebesar 0.5 mA [7]. Kemudian, data pembacaan sensor yang dilakukan oleh mikrokontroler diproses dan dikirimkan ke Broker IoT yang selanjutnya aplikasi web dapat melakukan *subscribe* data berdasarkan topik agar dapat menerima data tersebut secara *real-time*.

Dalam penelitian ini, aplikasi web digunakan untuk menampilkan informasi data suhu dan kelembapan. Antarmuka tampilan yang dibuat dalam bentuk visualisasi grafik dan tabel untuk memudahkan pengguna melihat riwayat data sebelumnya. Melalui grafik juga dapat memberikan gambaran yang jelas tentang perubahan suhu dan kelembapan dari waktu ke waktu. Kemudian, teknologi yang digunakan untuk menerima data secara *real-time* dari Broker MQTT adalah WebSocket yang memungkinkan komunikasi dua arah antara aplikasi web dan broker MQTT. Melalui aplikasi web pengguna juga dapat memantau data suhu dan kelembapan dari jarak jauh serta melakukan analisis dan pemantauan. Pengguna dapat mengakses antarmuka web melalui perangkat apa pun yang terhubung ke internet seperti komputer ataupun *mobile phone* karena tampilan antarmuka web dibuat dengan responsif yang dapat menyesuaikan dengan berbagai ukuran layar [8][9].

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam memantau kondisi suhu dan kelembapan di seluruh ruang laboratorium melalui sebuah aplikasi web. Melalui penerapan teknologi IoT yang mengintegrasikan perangkat keras seperti mikrokontroler dan sensor dengan perangkat lunak, yaitu aplikasi web, serta komunikasi jaringan menggunakan Wi-Fi dan protokol MQTT. Sehingga, melalui sistem pemantauan yang dilakukan secara *real-time* ini, akan membantu meningkatkan pengawasan terhadap kenyamanan lingkungan yang ada di laboratorium. Serta dengan informasi data yang didapatkan secara *real-time* pengguna dapat dengan cepat mengidentifikasi perubahan yang terjadi dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk memastikan bahwa kondisi lingkungan laboratorium tetap nyaman.

2. Metode Penelitian

2.1. Gambaran Umum Sistem



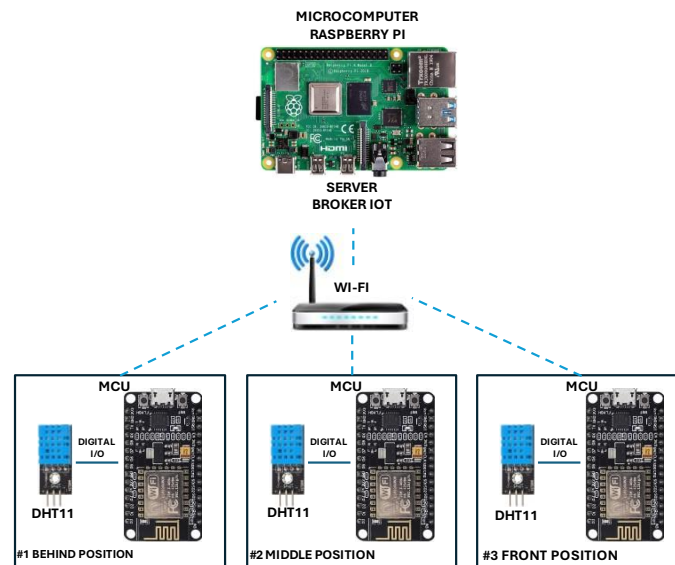
Gambar 1. Gambaran Umum Sistem.

Pada Gambar 1 menunjukkan alur kerja sistem secara umum dalam melakukan pemantauan kondisi suhu dan kelembapan pada masing-masing laboratorium. Dalam penelitian ini, proses kerja sistem menggunakan konsep internet of things di mana pada setiap sensor memiliki identitas unik dengan mikrokontroler masing-masing yang terpasang di laboratorium, yaitu di posisi depan, tengah, dan belakang bagian atas dengan ketinggian platform 3 meter. Penggunaan tiga sensor ini bertujuan untuk mendapatkan data suhu dan kelembapan yang lebih akurat dari seluruh area ruangan serta mengidentifikasi area yang memerlukan penyesuaian tambahan untuk menjaga kondisi lingkungan yang optimal.

Proses kerja awal dari sistem dimulai dari pembacaan data oleh perangkat keras (mikrokontroler dan sensor) yang dipasang di laboratorium. Data yang diperoleh dari sensor diolah oleh mikrokontroler dan dikirimkan setiap 1 detik ke broker IoT melalui jaringan Wi-Fi yang memiliki akses ke internet dan protokol MQTT (*pub/sub*) [10][11]. Data yang dikirimkan oleh setiap sensor memiliki topik yang sesuai dengan nama laboratorium dan jenis data yang dikirimkan. Peneliti membangun Broker IoT menggunakan mikrokomputer sebagai host-nya. Broker ini dapat diakses baik secara lokal maupun melalui internet, tergantung pada IP publik yang tersedia. Dalam konteks penelitian ini, broker IoT memiliki IP publik sehingga dapat diakses secara langsung melalui internet.

Selanjutnya, data yang telah dipublikasikan di broker IoT akan diteruskan ke klien yang berlangganan (*subscribe*) data sesuai dengan topiknya. Data yang diterima juga disimpan dalam *database* untuk keperluan analisis di masa mendatang. Selain itu, data suhu dan kelembapan ini juga ditampilkan secara *real-time* di halaman aplikasi web untuk memudahkan petugas dalam memantau kondisi suhu dan kelembapan di setiap laboratorium.

2.2. Desain Perangkat Keras

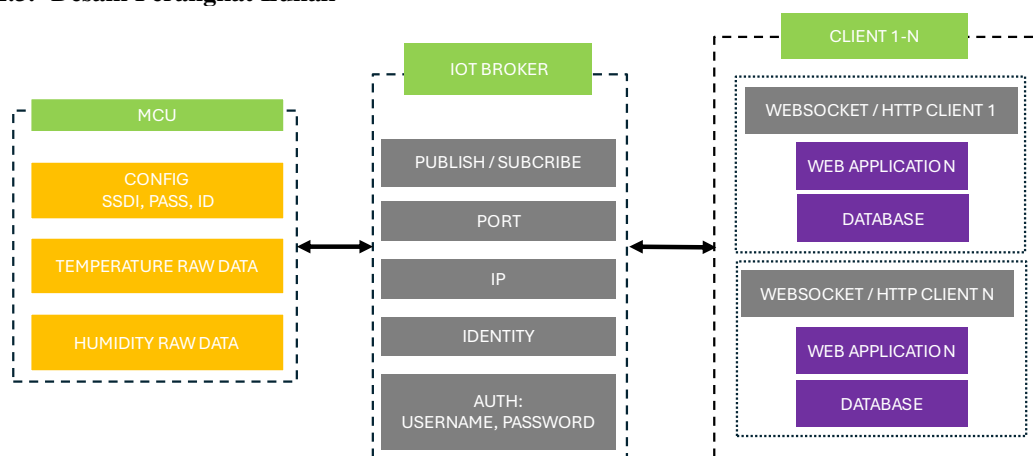


Gambar 2. Desain Perangkat Keras.

Perancangan perangkat keras dalam penelitian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 2 yang menggunakan mikrokontroler, sensor, router dan mikrokomputer. Untuk mikrokontroler menggunakan board NodeMCU ESP-12E yang sudah dilengkapi dengan modul wi-fi [12]. Kemudian modul sensor menggunakan DHT11 yang dapat mengukur suhu dan kelembapan dalam satu modul. Sensor ini memiliki akurasi yang bagus dengan tingkat *error* dalam pembacaan nilai suhu kurang dari 2 derajat celsius. Kemudian untuk mikrokomputer menggunakan Raspberry Pi versi 4B yang difungsikan sebagai broker IoT ataupun server. Raspberry Pi versi 4B ini menggunakan prosesor 64bit dengan RAM 8GB dan juga memiliki port GPIO 40 pin serta bekerja dengan tegangan 5V 2A [13].

Kemudian, dalam Gambar 2 perangkat keras sensor terbagi menjadi tiga bagian yang akan dipasang pada posisi depan, tengah, dan belakang di laboratorium. Hal ini memungkinkan pengukuran suhu dan kelembapan di berbagai lokasi di dalam laboratorium secara akurat dan efisien. Setiap perangkat ini dilengkapi dengan mikrokontroler dan sensor yang terhubung melalui sinyal digital. Selanjutnya, modul mikrokontroler terhubung ke jaringan Wi-Fi melalui router untuk berkomunikasi dengan server. Data pengukuran sensor ini kemudian tersimpan dalam *database* dan dapat diakses melalui perangkat lunak aplikasi web.

2.3. Desain Perangkat Lunak



Gambar 3. Desain Perangkat Lunak.

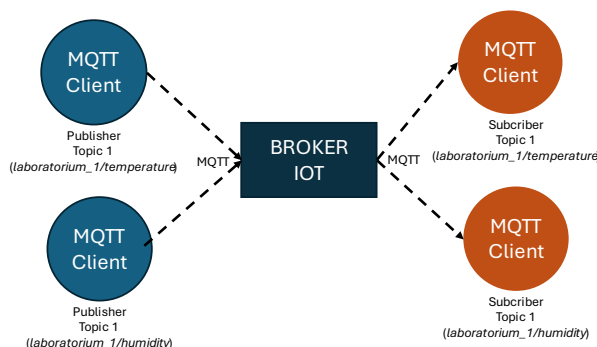
Perancangan perangkat lunak ini terdiri dari tiga bagian yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada bagian pertama untuk mikrokontroler terdapat konfigurasi yang dilakukan dalam program seperti mengatur SSID dan password dari jaringan wi-fi. Selain itu, perlu diperhatikan juga karena menggunakan konsep internet of things maka setiap perangkat mikrokontroler harus di tanamkan program ID yang unik untuk memudahkan komunikasi antara perangkat nantinya. Proses pembacaan data oleh sensor di buatkan program sehingga mikrokontroler dapat mengelola data mentah hasil dari sensor menjadi data suhu dan kelembapan.

Kemudian pada Broker IoT menggunakan aplikasi Mosquitto dapat diinstal pada mikrokomputer Raspberry Pi [14]. Setelah menginstall dilanjutkan dengan melakukan beberapa konfigurasi seperti port, ip, ataupun username dan passwordnya. Jika semua sudah terkonfigurasi maka client dapat terhubung ke broker IoT dengan melakukan subscribe ataupun publish.

Selanjutnya, pada bagian client data dari broker IoT di proses dengan aplikasi websocket. Jadi setiap client yang ingin mengambil data harus menggunakan websocket. Kemudian data ini dapat disimpan dalam *database* ataupun di tampilkan dalam aplikasi web secara *real-time*. Melalui aplikasi web pengguna dapat mengakses ataupun memantau kondisi suhu dan kelembapan dari masing-masing laboratorium.

2.4. Jaringan

Pada Gambar 4 menunjukkan desain untuk jaringan komunikasi dengan protokol MQTT. Dalam penelitian ini terdapat dua jenis data sensor yaitu suhu dan kelembapan. Pada data sensor suhu ataupun kelembapan proses pengiriman data dilakukan dengan melakukan publish dengan format topik data yaitu nama laboratorium kemudian posisi sensor dan nama sensor tersebut, seperti contoh (*laboratorium_1/temperature*). Selanjutnya, data tersebut ditampung dalam Broker IoT sesuai dengan topik dari data tersebut. Melalui data yang ada di Broker IoT, masing-masing client dapat melakukan subscribe sesuai dengan topik data (*laboratorium_1/temperature*) untuk mendapatkan data suhu maupun kelembapan tersebut.

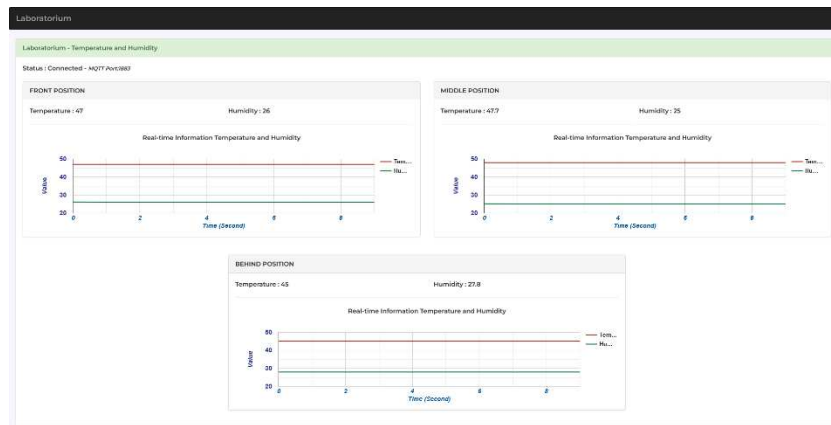


Gambar 4. Desain Komunikasi IoT.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini, dibahas mengenai hasil penelitian terkait perangkat lunak aplikasi web, perangkat keras sensor, serta data pengujian pembacaan sensor. Gambar 5 menampilkan hasil aplikasi web dengan tampilan halaman dashboard. Dalam halaman dashboard tersebut, terdapat tiga panel yang menampilkan data sensor untuk setiap posisi (depan, tengah, dan belakang). Setiap panel dilengkapi dengan grafik untuk menampilkan data suhu dan kelembapan, serta nilai terkini dalam bentuk angka.

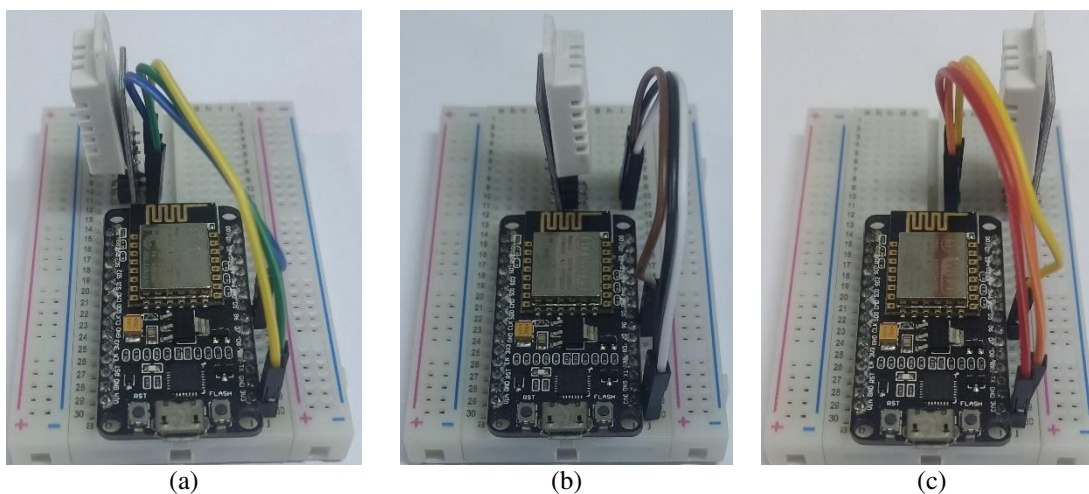
Grafik yang ditampilkan menggunakan *style line* dengan dua garis yang berbeda untuk menampilkan nilai suhu (garis merah) dan kelembapan (garis hijau). Grafik ini diperbarui secara *real-time* setiap detik untuk memberikan informasi yang akurat dan terkini kepada pengguna. Selain itu, data dari perangkat sensor disimpan secara otomatis dalam *database*, memungkinkan untuk dilakukan analisis lebih lanjut atau referensi di masa mendatang.



Gambar 5. Implementasi Aplikasi Web.

Selanjutnya, implementasi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 6, di mana Gambar 6.a menampilkan perangkat sensor yang diletakkan pada posisi belakang di ruangan laboratorium, Gambar 6.b menampilkan perangkat sensor yang diletakkan pada posisi depan, dan Gambar 6.c menampilkan perangkat sensor yang diletakkan pada posisi tengah. Implementasi perangkat keras ini masih dalam bentuk prototipe, di mana perangkat mikrokontroler dan sensor disusun di atas papan board portable untuk memudahkan proses perakitan.

Setiap perangkat keras tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler NodeMCU yang terhubung dengan masing-masing sensor, sesuai dengan yang ditunjukkan pada Gambar 6. Untuk membedakan perangkat keras ini selama proses implementasi, setiap perangkat keras ditanamkan dengan identitas yang unik.

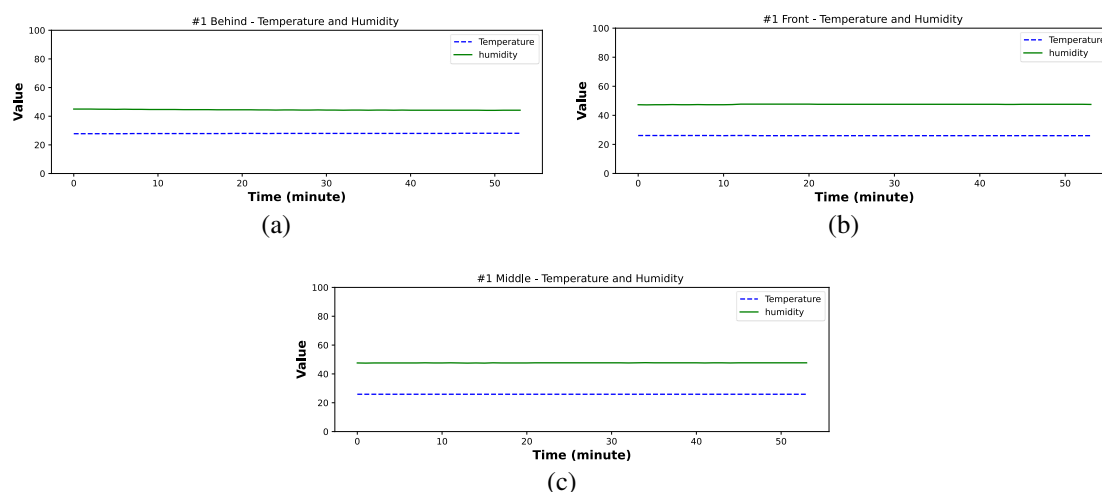


Gambar 6. Implementasi Perangkat Sensor.

(a) Sensor Posisi Belakang, (b) Sensor Posisi Depan, (c) Sensor Posisi Tengah

Hasil pembacaan sensor di masing-masing posisi dalam laboratorium ditunjukkan seperti pada Gambar 7.a untuk posisi belakang, Gambar 7.b untuk posisi depan, dan Gambar 7.c untuk posisi tengah. Pengujian masing-masing perangkat sensor dilakukan selama 55 menit, menghasilkan jumlah data sebanyak 3.300 untuk suhu dan kelembapan.

Rentang nilai suhu dan kelembapan untuk masing-masing posisi sensor adalah sebagai berikut: untuk posisi belakang rentang nilai suhu sekitar $27.8^{\circ}\text{C} - 28.1^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan sekitar $44.1\% - 45\%$, untuk posisi depan rentang nilai suhu sekitar $26.0^{\circ}\text{C} - 26.1^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan sekitar $47.2\% - 47.7\%$, dan untuk posisi tengah rentang nilai suhu sekitar $25.5^{\circ}\text{C} - 25.9^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan sekitar $47.5\% - 47.7\%$. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa kondisi suhu di laboratorium lebih dingin di posisi tengah dibandingkan dengan posisi depan dan belakang.



Gambar 7. Data Suhu dan Kelembapan.
(a) Posisi Belakang, (b) Posisi Depan, (c) Posisi Tengah

Selanjutnya pada Tabel 1 merupakan hasil pengujian dengan *blackbox* untuk aplikasi web dan modul perangkat kerasnya. Dalam proses pengujian perlu diperhatikan penggunaan web browser dalam mengakses webnya karena sistem yang dikembangkan menggunakan teknologi javascript terkini sehingga memerlukan mesin web browser yang mendukung javascript.

Tabel 1. Pengujian web dan alat.

Skenario Pengujian	Target Yang Diharapkan	Hasil
Perangkat keras atau alat pertama kali dinyalakan.	Alat otomatis terhubung dengan wi-fi dan melakukan setup untuk mengaktifkan sensor serta terhubung dengan Broker IoT.	Sesuai Target
Sensor sudah aktif dan membaca nilai suhu dan kelembapan.	Led pada mikrokontroler menyala dan nilai sensor ditampilkan pada monitor serial.	Sesuai Target
Nilai sensor otomatis dikirimkan ke Broker IoT.	Nilai sensor tampil pada log data di Broker IoT	Sesuai Target
Nilai pada Broker IoT diproses secara otomatis oleh socket untuk disimpan dalam <i>database</i>	WebSocket dapat memproses nilai pada broker untuk disimpan dalam <i>database</i> dan ditampilkan dalam halaman web	Sesuai Target
Pada halaman web menampilkan nilai-nilai hasil pengukuran secara otomatis dalam bentuk grafik, angka.	Halaman web dapat diakses dan hasil nilai pengukuran ditampilkan dalam halaman web secara real-time.	Sesuai Target

4. Kesimpulan

Kenyamanan menjadi hal dasar bagi mahasiswa untuk belajar dengan baik sehingga mereka betah berada dalam ruangan laboratorium. Untuk membuat ruangan laboratorium menjadi nyaman diperlukan menjaga kondisi suhu dan kelembapan, maka penelitian ini membuat sistem untuk melakukan pemantauan kondisi suhu dan kelembapan dengan IoT dengan menggabungkan perangkat keras, jaringan dan aplikasi web. Pada perangkat keras menggunakan board NodeMCU yang terdapat modul wi-fi yang langsung dapat mengirimkan data suhu dan kelembapan dari modul sensor DHT11. Kemudian perangkat mikrokomputer juga digunakan sebagai server dan Broker IoT untuk menyimpan data sensor tersebut. Melalui aplikasi web data sensor dapat diakses oleh pengguna dari manapun dan kapan secara *real-time*. Selanjutnya, berdasarkan hasil pengujian dari perangkat sensor yang dipasang pada setiap titik (depan, tengah, belakang) di laboratorium didapatkan hasil seperti berikut, untuk posisi belakang rentang nilai suhu sekitar 27.8°C – 28.1°C dan kelembapan sekitar 44.1% - 45%, untuk posisi depan rentang nilai suhu sekitar 26.0°C – 26.1°C dan kelembapan sekitar 47.2% - 47.7%, dan untuk posisi tengah rentang nilai suhu sekitar 25.5°C – 25.9°C dan kelembapan sekitar 47.5% - 47.7%. Dari data ini, terlihat bahwa suhu cenderung sedikit lebih tinggi di posisi belakang dibandingkan dengan posisi depan dan tengah. Perbedaan ini disebabkan oleh jarak yang

lebih jauh dari sumber pendingin udara yang mempengaruhi distribusi suhu di dalam ruangan laboratorium. Selain itu, pengujian untuk aplikasi web dengan *blackbox testing* mendapatkan hasil yang sesuai diharapkan.

Daftar Pustaka

- [1] M. Mariati, "Tantangan Pengembangan Kurikulum Merdeka Belajar Kampus Merdeka di Perguruan Tinggi," pp. 747–758, 2021, doi: 10.53695/SINTESA.V1I1.405.
- [2] M. F. A. Samsudin, R. Mohamad, S. I. Suliman, N. M. Anas, and H. Mohamad, "Implementation of wireless temperature and humidity monitoring on an embedded device," in *2018 IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, 2018, pp. 90–95. doi: 10.1109/ISCAIE.2018.8405450.
- [3] S. Mercy S., A. Sivasubramanian, B. B. Natesh, J. M. Mathana, J. Vinfrank J., and G. Lokesh, "Internet of Things based Smart window and Temperature Monitoring System," in *2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 2020, pp. 1046–1048. doi: 10.1109/ICACCS48705.2020.9074365.
- [4] I. K. A. A. Aryanto, I. P. Wijaya, I. N. R. Hendrawan, and K. Y. E. Aryanto, "A Prototype IoT based Technology for Body Temperature Monitoring," in *2021 3rd International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICORIS)*, 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICORIS52787.2021.9649631.
- [5] I. K. A. A. Aryanto, R. R. Huizen, and K. Y. E. Aryanto, "Design of Soil Humidity Monitoring System Using the Internet of Things Concept and MQTT," in *2020 International Conference on Smart Technology and Applications (ICoSTA)*, 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICoSTA48221.2020.1570611115.
- [6] A. C. Bento, "An Experimental Survey with NodeMCU12e+Shield with Tft Nextion and MAX30102 Sensor," in *2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 2020, pp. 82–86. doi: 10.1109/IEMCON51383.2020.9284870.
- [7] G. M. Debele and X. Qian, "Automatic Room Temperature Control System Using Arduino UNO R3 and DHT11 Sensor," in *2020 17th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP)*, 2020, pp. 428–432. doi: 10.1109/ICCWAMTIP51612.2020.9317307.
- [8] B. Peterson and B. Vogel, "Prototyping the Internet of Things with Web Technologies: Is It Easy?," in *2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, 2018, pp. 518–522. doi: 10.1109/PERCOMW.2018.8480268.
- [9] J.-P. Voutilainen, J. Salonen, and T. Mikkonen, "On the Design of a Responsive User Interface for a Multi-device Web Service," in *2015 2nd ACM International Conference on Mobile Software Engineering and Systems*, 2015, pp. 60–63. doi: 10.1109/MobileSoft.2015.16.
- [10] S. Rezwan, W. Ahmed, M. A. Mahia, and M. R. Islam, "IoT Based Smart Inventory Management System for Kitchen Using Weight Sensors, LDR, LED, Arduino Mega and NodeMCU (ESP8266) Wi-Fi Module with Website and App," in *2018 Fourth International Conference on Advances in Computing, Communication & Automation (ICACCA)*, 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICACCA.2018.8776761.
- [11] S. S. Prayogo, Y. Mukhlis, and B. K. Yakti, "The Use and Performance of MQTT and CoAP as Internet of Things Application Protocol using NodeMCU ESP8266," in *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICIC47613.2019.8985850.
- [12] M. Kharade, S. Katangle, G. M. Kale, S. B. Deosarkar, and S. L. Nalbalwar, "A NodeMCU based Fire Safety and Air Quality Monitoring Device," in *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/INCET49848.2020.9153983.
- [13] R. Helbet, V. Monda, A. C. Bechet, and P. Bechet, "Low Cost System for Terrestrial Trunked Radio Signals Monitoring Based on Software Defined Radio Technology and Raspberry Pi 4," in *2020 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE)*, 2020, pp. 438–441. doi: 10.1109/EPE50722.2020.9305536.
- [14] R. A. Light, "Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol," *J. Open Source Softw.*, vol. 2, no. 13, p. 265, 2017, doi: 10.21105/joss.00265.