

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Landasan teori merupakan dasar ilmiah yang digunakan sebagai acuan dalam perancangan, implementasi, dan analisis sistem pada penelitian ini. Teori-teori yang dibahas meliputi konsep *Internet of Things* (IoT), protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), platform ThingsBoard Cloud, sensor DHT22, modul ESP-01, serta perangkat jaringan yang mendukung proses komunikasi data. Pemahaman terhadap teori-teori tersebut menjadi dasar dalam pengembangan sistem monitoring suhu dan kelembapan ruang server berbasis Internet of Things.

2.1.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana berbagai perangkat fisik terhubung ke internet dan dapat saling berkomunikasi serta bertukar data. IoT mencakup berbagai aplikasi, mulai dari perangkat rumah pintar hingga sistem industri yang kompleks. Dalam konteks ini, komunikasi yang efisien dan *real-time* menjadi kunci untuk memastikan kinerja sistem IoT yang optimal.

2.1.2 *Ruang Server*

Ruang server, atau data center, adalah fasilitas penting untuk penyimpanan dan pengolahan data. Pengelolaan suhu dan kelembaban di dalamnya sangat krusial untuk menjaga kinerja dan keandalan perangkat keras. Standar suhu ruang server di Indonesia berada pada 21-23°C (70-74°F) dengan kelembapan relative 45%-60%. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *overheating* dan *merusak* komponen, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menurunkan efisiensi. Kelembaban yang rendah dapat menyebabkan masalah statis, sedangkan kelembaban yang tinggi meningkatkan risiko korosi.

Untuk menjaga kondisi ini, ruangan server dilengkapi dengan sistem pendinginan yang efisien dan pemantauan menggunakan sensor suhu dan kelembaban. Dengan pengelolaan yang tepat, organisasi dapat memastikan server berfungsi optimal, mengurangi risiko *downtime*, dan memperpanjang umur perangkat keras. Oleh karena itu, perhatian terhadap suhu dan kelembaban adalah

kunci untuk menciptakan infrastruktur TI yang baik . Gambar ruang server ditunjukkan pada Gambar 2. 1 Ruang Server



Gambar 2. 1 Ruang Server

Berdasarkan Gambar 2. 1 Ruang Server, ruang server umumnya dilengkapi dengan rak server sebagai tempat penyimpanan perangkat jaringan dan sistem pendingin untuk menjaga kestabilan suhu serta kelembapan. Pemantauan kondisi lingkungan pada ruang server menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung operasional perangkat secara optimal.

2.1.3 Sensor DHT22

Sensor DHT22, yang juga dikenal sebagai AM2302, adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, yang merupakan salah satu sensor yang digunakan dalam aplikasi *Internet of Things* (IoT) serta sistem monitoring lingkungan. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pengukuran fisik, di mana elemen sensing yang terbuat dari bahan hygroskopis menyerap kelembapan dari udara, sehingga mengubah resistansinya. Perubahan ini kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh sirkuit internal sensor. Untuk pengukuran suhu, DHT22 menggunakan termistor yang mengubah resistansi sesuai dengan suhu lingkungan. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu antara -40 hingga 80°C dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, serta rentang kelembapan dari 0 hingga 100% RH dengan akurasi $\pm 2\text{-}5\%$ RH. Kelebihan DHT22 meliputi kemudahan penggunaan, biaya yang relatif rendah, dan kemampuan untuk memberikan data suhu dan kelembapan secara bersamaan.

Berikut adalah spesifikasi dari DHT22 yang terdapat pada Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor DHT22 dan gambar dari sensor DHT22 pada Gambar 2. 2 DHT22 yang terdapat dibawah ini:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor DHT22

Spesifikasi	Keterangan
Nama Sensor	DHT22 (AM2302)
Tegangan Operasi	3,3–6 V DC
Arus Operasi	1 mA (pengukuran), 60 μ A (standby)
Rentang Suhu	-40 °C hingga 80 °C
Akurasi Suhu	$\pm 0,5$ °C
Resolusi Suhu	0,1 °C
Rentang Kelembapan	0–100% RH
Akurasi Kelembapan	± 2 –5% RH
Resolusi Kelembapan	0,1% RH
Kecepatan Sampling	0,5 Hz (1 data setiap 2 detik)
Antarmuka Komunikasi	Single-wire digital
Jumlah Pin	3 pin (VCC, DATA, GND)

Berdasarkan Tabel 2.1, sensor DHT22 memiliki rentang pengukuran suhu dan kelembapan yang cukup luas dengan tingkat akurasi yang baik sehingga banyak digunakan sebagai sensor lingkungan pada berbagai aplikasi monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT).

DHT22 merupakan sensor digital yang mampu mengukur suhu dan kelembapan udara dalam satu modul. Sensor ini banyak digunakan pada aplikasi *Internet of Things* (IoT) karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan sensor DHT11. Bentuk fisik sensor DHT22 ditunjukkan pada Gambar 2. 2 DHT22



Gambar 2. 2 DHT22

Berdasarkan Gambar 2.2, sensor DHT22 terdiri atas empat pin, yaitu VCC, Data, dan GND. Sensor ini menghasilkan data digital sehingga dapat dihubungkan secara langsung dengan berbagai jenis mikrokontroler tanpa memerlukan konverter analog ke digital.

2.1.4 ESP 01

ESP 01 adalah modul Wi-Fi berbasis ESP8266 yang banyak digunakan dalam proyek *Internet of Things* (IoT), termasuk dalam sistem monitoring suhu ruangan server. Modul ini memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi, sehingga dapat mengirim data secara nirkabel ke server atau *broker* MQTT. Keunggulan dari ESP 01 adalah ukurannya yang kecil dan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya pilihan yang ideal untuk aplikasi IoT yang memerlukan efisiensi ruang dan energi. Selain itu, modul ini dapat diprogram dengan mudah menggunakan Arduino IDE, sehingga pengembang dapat dengan cepat mengatur logika pengumpulan dan pengiriman data.

ESP-01 merupakan modul Wi-Fi berbasis chip ESP8266EX yang banyak digunakan pada sistem *Internet of Things* (IoT). Modul ini mendukung komunikasi nirkabel melalui jaringan Wi-Fi serta berbagai protokol komunikasi berbasis TCP/IP. Bentuk fisik ESP-01 ditunjukkan pada Gambar 2. 3 ESP-01



Gambar 2. 3 ESP-01

Berdasarkan Gambar 2. 3 ESP-01, ESP-01 memiliki ukuran yang ringkas dan dilengkapi antenna Wi-Fi internal. Modul ini mampu beroperasi sebagai *access point* maupun station sehingga banyak dimanfaatkan sebagai perangkat komunikasi pada sistem berbasis IoT. Spesifikasi teknis ESP-01 terdapat pada Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP-01.

Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP-01

Spesifikasi	Keterangan
Modul	ESP-01 (berbasis ESP8266EX)
Mikrokontroler	ESP8266EX 32-bit Tensilica L106

Spesifikasi	Keterangan
Frekuensi CPU	80 MHz (dapat ditingkatkan hingga 160 MHz)
Memori Flash	1 MB (umumnya pada ESP-01)
Tegangan Operasi	3,0–3,6 V DC (3,3 V nominal)
Arus Operasi	±80 mA (saat transmisi Wi-Fi dapat mencapai ±170 mA)
Standar Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g/n (2,4 GHz)
Mode Wi-Fi	Station (STA), <i>Access Point</i> (AP), dan Station + AP
Protokol Jaringan	TCP/IP, UDP, HTTP, MQTT, DNS
Antena	PCB Antenna (Built-in)
GPIO	2 GPIO (GPIO0 dan GPIO2)
Antarmuka Komunikasi	UART (TX, RX)
Keamanan Wi-Fi	WEP, WPA/WPA2-PSK
Dimensi	±24,8 mm × 14,3 mm
Suhu Operasi	-40°C hingga +125°C

Berdasarkan Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP-01, ESP-01 memiliki spesifikasi yang mendukung komunikasi data berbasis jaringan nirkabel, seperti dukungan standar IEEE 802.11 b/g/n, protokol TCP/IP, serta antarmuka UART. Spesifikasi tersebut menjadikan ESP-01 banyak digunakan sebagai modul komunikasi pada berbagai aplikasi Internet of Things.

2.1.5 Protokol MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) merupakan protokol komunikasi ringan yang dirancang untuk mendukung pertukaran data pada perangkat dengan sumber daya terbatas serta jaringan yang memiliki bandwidth rendah atau koneksi yang tidak stabil. MQTT menggunakan arsitektur *publish-subscribe*, yaitu mekanisme komunikasi yang memisahkan pengirim data (*publisher*) dan penerima data (*subscriber*) melalui perantara berupa *broker*. Dengan mekanisme tersebut, proses komunikasi mampu mendukung pertukaran data secara *real-time*, sehingga MQTT banyak digunakan pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

MQTT memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu *Lightweight*, yang menggunakan header berukuran kecil sehingga efisien dalam penggunaan bandwidth dan sesuai untuk perangkat dengan sumber daya terbatas; *Publish-Subscribe*, yang memungkinkan pertukaran data melalui *broker* berdasarkan topik tanpa komunikasi langsung antara *publisher* dan *subscriber*; serta *Quality of Service* (QoS), yang mengatur tingkat keandalan pengiriman pesan melalui tiga tingkatan, yaitu QoS 0 (At Most Once), QoS 1 (At Least Once), dan QoS 2 (Exactly

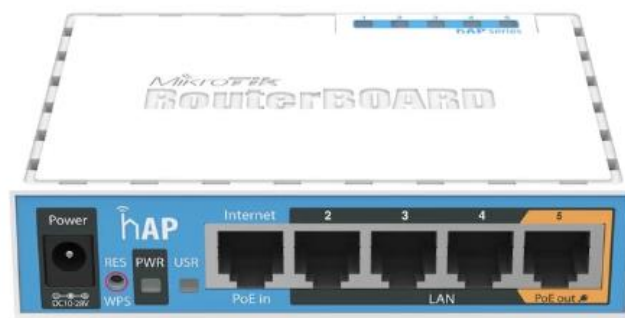
Once) untuk menyesuaikan kebutuhan keandalan komunikasi data (OASIS, 2014).

Arsitektur sistem MQTT terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sebagai berikut.

1. *Publisher*, yaitu perangkat atau aplikasi yang bertugas mengirimkan data atau pesan ke *broker* berdasarkan topik tertentu.
2. *Broker*, yaitu server yang menerima pesan dari *publisher*, mengelola proses distribusi pesan, kemudian meneruskannya kepada *subscriber* yang berlangganan pada topik yang sesuai.
3. *Subscriber*, yaitu perangkat atau aplikasi yang menerima data dari *broker* berdasarkan topik (*topic*) yang telah didaftarkan sebelumnya.

2.1.6 Router MikroTik RB951Ui-2nD (hAP)

MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) merupakan router nirkabel yang dirancang untuk kebutuhan jaringan skala kecil hingga menengah. Perangkat ini dilengkapi dengan lima port Ethernet 10/100 Mbps, antarmuka Wi-Fi 2,4 GHz standar IEEE 802.11b/g/n, satu port USB tipe A, serta kemampuan PoE-out pada port Ethernet kelima. Router ini menjalankan sistem operasi RouterOS dengan lisensi level 4 yang menyediakan berbagai fitur jaringan, seperti routing, firewall, DHCP server, *wireless access point*, *Network Address Translation* (NAT), dan manajemen bandwidth. Bentuk fisik MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) ditunjukkan pada Gambar 2. 4 Router MikroTik RB951Ui-2nD (hAP)



Gambar 2. 4 Router MikroTik RB951Ui-2nD (hAP)

Berdasarkan Gambar 2.4 Router MikroTik RB951Ui-2nD (hAP), router ini memiliki lima port Ethernet, antarmuka Wi-Fi 2,4 GHz, serta mendukung berbagai layanan jaringan seperti DHCP, NAT, firewall, dan routing. Perangkat ini dapat digunakan sebagai pusat pengelolaan komunikasi pada jaringan lokal.

Spesifikasi teknis MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) terdapat pada Tabel 2. 3 Spesifikasi Mikrotik RB951Ui-2nD (hAP) berikut.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Mikrotik RB951Ui-2nD (hAP)

Spesifikasi	Keterangan
Model	RB951Ui-2nD (hAP)
Nama Produk	MikroTik hAP
Sistem Operasi	RouterOS Level 4
CPU	Qualcomm QCA9531 650 MHz
Jumlah Core	1
RAM	64 MB
Penyimpanan	16 MB Flash
Port Ethernet	5 × Fast Ethernet (10/100 Mbps)
Wireless	2,4 GHz IEEE 802.11b/g/n
Kecepatan Wi-Fi Maksimum	300 Mbps
USB	1 × USB Type-A
PoE Out	Ether5
Dimensi	113 × 89 × 28 mm

2.1.7 ThingsBoard Cloud

ThingsBoard Cloud merupakan platform *Internet of Things* (IoT) berbasis komputasi awan (*cloud computing*) yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah, dan memvisualisasikan data dari berbagai perangkat IoT secara *real-time*. Platform ini menyediakan berbagai fitur, seperti manajemen perangkat, penyimpanan telemetry, *dashboard* interaktif, sistem alarm, serta *rule engine* untuk mendukung pengolahan data secara otomatis.

Dashboard yang tersedia pada ThingsBoard Cloud memungkinkan pengguna memantau kondisi lingkungan ruang server secara *real-time*. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai suhu, kelembapan, grafik historis, serta status perangkat yang terhubung. Dengan adanya visualisasi tersebut, pengguna dapat mengetahui perubahan kondisi lingkungan ruang server dengan cepat sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan apabila terjadi kenaikan suhu yang melebihi batas normal.

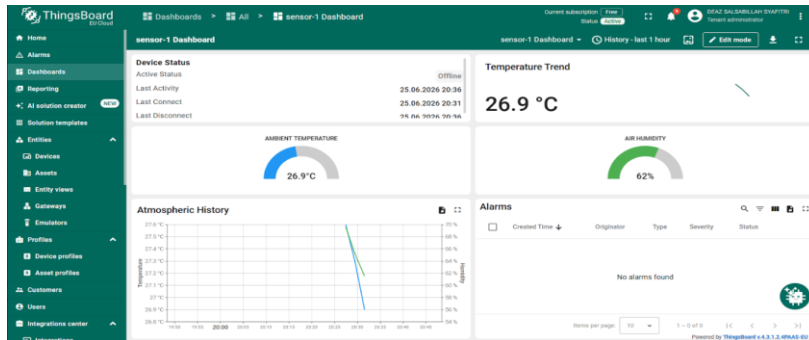
Selain kemampuan visualisasi data, ThingsBoard Cloud juga mendukung integrasi dengan berbagai protokol komunikasi IoT, seperti MQTT, HTTP, dan

CoAP. Dukungan tersebut menjadikan platform ini fleksibel untuk diterapkan pada berbagai sistem monitoring berbasis Internet of Things.

Berikut merupakan fitur utama ThingsBoard Cloud:

1. Manajemen perangkat IoT (device management).
2. Penyimpanan data telemetri secara *real-time*.
3. *Dashboard* interaktif untuk visualisasi data.
4. Sistem alarm dan notifikasi.
5. Rule engine untuk pengolahan data otomatis.
6. Dukungan protokol MQTT, HTTP, dan CoAP.

Berikut ini adalah salah satu contoh tampilan dari sistem monitoring suhu dan kelembapan dengan menggunakan platform ThingsBoard Cloud yang terdapat pada Gambar 2.5 di bawah



Gambar 2. 5 Tampilan *dashboard* ThingsBoard Cloud

Berdasarkan Gambar 2. 5 Tampilan *dashboard* ThingsBoard Cloud, ThingsBoard Cloud menyediakan antarmuka berbasis web untuk menampilkan data dari perangkat *Internet of Things* (IoT). *Dashboard* mendukung berbagai jenis widget, seperti grafik, indikator, tabel, dan status perangkat sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi sistem secara *real-time*. Selain itu, ThingsBoard Cloud juga menyediakan penyimpanan data historis yang dapat digunakan untuk melihat perubahan data selama periode tertentu. Kemampuan tersebut menjadikan ThingsBoard Cloud banyak digunakan sebagai platform monitoring pada berbagai implementasi sistem IoT.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Rohimat, Muliawati, dan Afrianto (2024) mengembangkan sistem monitoring suhu ruang server berbasis *Internet of Things*

(IoT) dengan memanfaatkan aplikasi Blynk sebagai media pemantauan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring suhu secara *real-time* dengan rata-rata *error* sebesar 2,4°C dan dapat bekerja dengan baik sesuai kebutuhan. Namun, penelitian tersebut belum menerapkan mekanisme komunikasi menggunakan protokol MQTT maupun memanfaatkan platform ThingsBoard Cloud sebagai media pengelolaan dan visualisasi data. Adapun pada penelitian ini, modul ESP-01 berperan sebagai *publisher* yang mengirimkan data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22 menggunakan protokol MQTT ke MQTT *Broker* ThingsBoard Cloud. MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) digunakan sebagai gateway dan *access point* yang menyediakan konektivitas jaringan, sedangkan ThingsBoard Cloud digunakan untuk menerima, menyimpan, dan menampilkan data monitoring secara *real-time* melalui *dashboard*.

Penelitian yang dilakukan oleh Aris, Septiyadi, dan Gustian (2022) mengimplementasikan sistem monitoring suhu ruang server menggunakan ESP8266, sensor DHT22, LCD, dan *dashboard* digital sebagai media informasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan informasi suhu ruang server secara cepat dan akurat dibandingkan metode pemantauan manual. Meskipun demikian, penelitian tersebut belum menerapkan protokol MQTT sebagai media komunikasi data maupun memanfaatkan platform ThingsBoard Cloud sebagai sistem monitoring berbasis Internet of Things. Adapun pada penelitian ini, modul ESP-01 digunakan sebagai *publisher* yang mengirimkan data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22 menggunakan protokol MQTT ke MQTT *Broker* ThingsBoard Cloud. MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) berperan sebagai *gateway* dan *access point* yang menyediakan konektivitas jaringan, sedangkan ThingsBoard Cloud digunakan untuk menerima, menyimpan, dan menampilkan data monitoring suhu dan kelembapan secara *real-time* melalui *dashboard*.

Penelitian yang dilakukan oleh Diono, Azwar, dan Khabzli (2021) mengimplementasikan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) pada sistem monitoring jaringan sensor berbasis Internet of Things. Pada penelitian tersebut, NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai *publisher* yang mengirimkan data sensor menuju *broker* MQTT, sedangkan aplikasi monitoring berperan sebagai *subscriber* untuk menerima dan menampilkan data secara *real-time*. Hasil

pengujian menunjukkan bahwa protokol MQTT mampu mendukung komunikasi data yang ringan, cepat, dan efisien pada jaringan IoT, sehingga sangat sesuai diterapkan pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Penelitian tersebut menjadi salah satu landasan dalam penerapan arsitektur *publish-subscribe* pada sistem monitoring suhu ruang server yang dikembangkan pada penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Windarto, Samosir, dan Assariy (2020) menerapkan teknologi MQTT, Raspberry Pi, ThingsBoard, dan Blynk untuk membangun sistem monitoring berbasis Internet of Things. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ThingsBoard mampu menyimpan, mengelola, dan menampilkan data sensor secara *real-time* melalui *dashboard* berbasis web. Namun, penelitian tersebut belum menggunakan modul ESP-01 sebagai perangkat pengirim data maupun perangkat MikroTik sebagai *gateway* jaringan. Adapun pada penelitian ini, modul ESP-01 digunakan sebagai *publisher* yang mengirimkan data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22 menggunakan protokol MQTT ke MQTT *Broker* ThingsBoard Cloud. MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) berperan sebagai *gateway* dan *access point* yang menyediakan konektivitas jaringan, sedangkan ThingsBoard Cloud digunakan untuk menerima, menyimpan, dan menampilkan data monitoring suhu dan kelembapan ruang server secara *real-time* melalui *dashboard*.

Penelitian yang dilakukan oleh Meisyaroh, Purwadi, dan Rizal (2026) mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis ESP8266 dan sensor DHT22 dengan memanfaatkan platform ThingSpeak sebagai media penyimpanan dan visualisasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil dan menampilkan data pengukuran secara berkelanjutan melalui jaringan internet. Meskipun demikian, penelitian tersebut masih menggunakan ThingSpeak sebagai platform monitoring sehingga memiliki perbedaan dengan penelitian ini yang memanfaatkan ThingsBoard Cloud sebagai platform monitoring berbasis MQTT. Adapun pada penelitian ini, modul ESP-01 digunakan sebagai *publisher* yang mengirimkan data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22 menggunakan protokol MQTT ke MQTT *Broker* ThingsBoard Cloud. MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) berperan sebagai *gateway* dan *access point* yang menyediakan konektivitas jaringan, sedangkan ThingsBoard Cloud digunakan

untuk menerima, menyimpan, dan menampilkan data monitoring suhu dan kelembapan ruang server secara *real-time* melalui *dashboard*.

Penelitian oleh Muarif, Sumaedi, dan Mardiansyah (2024) memanfaatkan NodeMCU ESP8266, sensor DHT11, dan platform ThingSpeak untuk melakukan monitoring suhu secara *real-time*. Sistem yang dikembangkan mampu menampilkan grafik perubahan suhu serta memberikan notifikasi ketika suhu melebihi batas yang telah ditentukan. Namun, penelitian tersebut belum mengimplementasikan protokol MQTT maupun memanfaatkan ThingsBoard Cloud sebagai platform monitoring. Pada penelitian ini, sistem menerapkan arsitektur *publish-subscribe* berbasis MQTT dengan MQTT Broker ThingsBoard Cloud untuk mendukung komunikasi data serta visualisasi suhu dan kelembapan ruang server secara *real-time*.

Penelitian oleh Zuna dkk. (2025) mengimplementasikan sistem monitoring berbasis Edge IoT menggunakan ESP8266, sensor DHT22, protokol MQTT, dan platform ThingsBoard. Data sensor dikirim menggunakan MQTT dan divisualisasikan melalui *dashboard* ThingsBoard secara *real-time*, sedangkan notifikasi peringatan dikirim melalui Telegram. Hasil implementasi menunjukkan bahwa integrasi MQTT dan ThingsBoard mampu mendukung proses monitoring yang responsif, mudah dikembangkan, dan efektif untuk berbagai aplikasi Internet of Things. Meskipun objek penelitian yang digunakan berbeda, penelitian tersebut menjadi acuan dalam pemanfaatan ThingsBoard sebagai platform visualisasi data pada penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Subekti, Purwadi, dan Maesaroh (2026) mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT22 yang terintegrasi dengan platform monitoring berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan suhu dan kelembapan secara *real-time* melalui jaringan internet serta menampilkan data secara daring dengan baik. Meskipun demikian, penelitian tersebut belum menerapkan komunikasi data menggunakan protokol MQTT maupun memanfaatkan perangkat MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) sebagai *gateway* jaringan. Adapun pada penelitian ini, modul ESP-01 digunakan sebagai *publisher* yang mengirimkan data suhu dan

kelembapan menggunakan protokol MQTT ke MQTT *Broker* ThingsBoard Cloud. MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) berperan sebagai *gateway* dan *access point* yang menyediakan konektivitas jaringan, sedangkan ThingsBoard Cloud digunakan untuk menerima, menyimpan, dan menampilkan data monitoring suhu dan kelembapan ruang server secara *real-time* melalui *dashboard*.

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi untuk mengetahui perkembangan penelitian yang berkaitan dengan sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis *Internet of Things* (IoT). Selain itu, kajian terhadap penelitian sebelumnya bertujuan untuk mengidentifikasi metode, perangkat, serta teknologi yang telah digunakan sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan kebaruan (*novelty*) penelitian ini. Ringkasan beberapa penelitian terdahulu yang relevan disajikan pada Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Metode/Perangkat yang Digunakan	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Ini
1	Agus Rohimat dkk. (2024)	Sensor suhu berbasis IoT dengan aplikasi Blynk	Sistem mampu melakukan monitoring suhu secara <i>real-time</i> dengan rata-rata <i>error</i> sebesar 2,4°C dan bekerja dengan baik.	Penelitian ini menggunakan protokol MQTT, MQTT <i>Broker</i> ThingsBoard Cloud, MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) sebagai <i>gateway</i> , serta ThingsBoard Cloud sebagai platform monitoring.
2	Aris, Septiyadi, dan Gustian (2022)	ESP8266, DHT22, LCD, <i>dashboard</i> digital	Sistem mampu menampilkan informasi suhu ruang server secara cepat dan akurat dibandingkan metode manual.	Belum menerapkan komunikasi data menggunakan protokol MQTT dan belum memanfaatkan ThingsBoard Cloud sebagai platform monitoring.
3	Diono, Azwar, dan Khabzli (2021)	NodeMCU ESP8266, MQTT, sistem monitoring sensor	MQTT mampu mendukung komunikasi data yang ringan, cepat, dan efisien pada jaringan IoT secara <i>real-time</i> .	Tidak memanfaatkan sensor DHT22, perangkat MikroTik sebagai <i>gateway</i> jaringan, maupun ThingsBoard Cloud untuk monitoring suhu dan kelembapan ruang server.
4	Windarto, Samosir, dan Assariy (2022)	MQTT, Raspberry Pi, ThingsBoard, Blynk	ThingsBoard mampu menyimpan dan menampilkan data sensor secara <i>real-time</i> melalui <i>dashboard</i> berbasis web.	Tidak menggunakan modul ESP-01 sebagai <i>publisher</i> maupun perangkat MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) sebagai <i>gateway</i> jaringan.
5	Meisyaroh, Purwadi, dan Rizal (2026)	ESP8266, DHT22, ThingSpeak	Sistem monitoring suhu dan kelembapan bekerja secara stabil dan menampilkan data secara berkelanjutan.	Menggunakan ThingSpeak sebagai platform monitoring, sedangkan penelitian ini menggunakan MQTT dan ThingsBoard Cloud sebagai platform monitoring berbasis IoT.

No	Peneliti	Metode/Perangkat yang Digunakan	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Ini
6	Muarif, Sumaedi, dan Mardiansyah (2024)	NodeMCU ESP8266, DHT11, ThingSpeak	Sistem mampu menampilkan grafik suhu secara <i>real-time</i> dan memberikan notifikasi ketika suhu melewati batas tertentu.	Belum mengimplementasikan MQTT dan ThingsBoard sebagai media komunikasi dan visualisasi data.
7	Zuna dkk. (2025)	ESP8266, DHT22, MQTT, ThingsBoard, Telegram	Integrasi MQTT dan ThingsBoard menghasilkan sistem monitoring yang responsif, mudah dikembangkan, dan efektif.	Objek penelitian berupa kandang sapi, sedangkan penelitian ini berfokus pada monitoring suhu dan kelembapan ruang server menggunakan MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) sebagai <i>gateway</i> jaringan.
8	Subekti, Purwadi, dan Maesaroh (2026)	ESP32, DHT22, sistem monitoring IoT berbasis web	Sistem mampu melakukan pemantauan suhu dan kelembapan secara <i>real-time</i> melalui jaringan internet dan menampilkan data secara daring.	Penelitian ini menggunakan ESP-01, protokol MQTT, MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) sebagai <i>gateway</i> , serta ThingsBoard Cloud sebagai platform monitoring berbasis MQTT.
9	Penelitian Ini	ESP-01, DHT22, MQTT, MikroTik RB951Ui-2nD (hAP), ThingsBoard Cloud	Monitoring suhu dan kelembapan ruang server secara <i>real-time</i> dengan arsitektur <i>publish-subscribe</i> berbasis MQTT.	Mengintegrasikan ESP-01 sebagai <i>publisher</i> , MQTT <i>Broker</i> ThingsBoard Cloud sebagai media komunikasi, MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) sebagai <i>gateway</i> dan <i>access point</i> , serta ThingsBoard Cloud sebagai media penyimpanan dan visualisasi data secara <i>real-time</i> .

Berdasarkan Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu, dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian terdahulu telah memanfaatkan sensor DHT22 atau DHT11, modul ESP8266/ESP32, serta protokol MQTT untuk mendukung sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Beberapa penelitian juga menggunakan platform monitoring seperti ThingsBoard, Blynk, dan ThingSpeak untuk menampilkan data secara *real-time*. Namun, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan modul ESP-01, perangkat MikroTik RB951Ui-2nD (hAP) sebagai *gateway* dan *access point*, serta platform ThingsBoard Cloud yang berfungsi sebagai MQTT *Broker* sekaligus media penyimpanan dan visualisasi data dalam satu arsitektur sistem monitoring suhu dan kelembapan ruang server. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan implementasi sistem monitoring yang mampu melakukan pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data secara *real-time* menggunakan protokol MQTT dengan mekanisme *publish-subscribe*.