



Rancang Bangun dan Evaluasi Sistem Smart-Ponik Untuk Monitoring dan Automatisasi Tanaman Hidroponik Berbasis IOT dengan Protokol MQTT

Siti Aulia Rachmini¹, Muh. Rafli Rasyid², Chairi Nur Insani³, Alim Rabbani⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Sulawesi Barat, Indonesia

¹sitiaulia.rachmini@unsulbar.ac.id, ²mrafli@unsulbar.ac.id, ³chairini@unsulbar.ac.id, ⁴alimmanurung18@gmail.com

Abstract

Hydroponic farming, a soil-free farming method that has grown in popularity due to its efficient land use and ability to deliver high-quality yields. However, when managed manually, it often encounters issues such as inaccurate watering, imprecise nutrient regulation, and delays in detecting environmental changes. These factors can lead to reduced productivity and lower crop quality. This research aims to address these issues by developing Smart-Ponik, an Internet of Things (IoT)-based monitoring and automation system for hydroponic cultivation utilizing the Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol. The system integrates DHT22, soil moisture, and pH sensors to monitor key environmental parameters and transmits data in real time to a server for visualization through a web-based dashboard and automated notifications. The study employs a Research and Development (R&D) method consisting of needs analysis, system design, implementation, and testing. Experimental results show that the system achieves a 100% data transmission rate without packet loss, with an average latency of 0.00 seconds, and occasional delays of 0.01–0.02 seconds due to network fluctuations. Automated control of pumps and fans records a 95% success rate, while black-box testing demonstrates a 100% functional pass rate. In conclusion, Smart-Ponik proves effective for real-time monitoring and automation of hydroponic environments. The system minimizes manual errors, enhances environmental stability, and supports more consistent crop yields. These findings highlight the potential of IoT-based automation to improve precision agriculture practices and increase the reliability of hydroponic production.

Keywords: automated monitoring, hydroponics, Internet of Things (IoT), smart-ponik,

Abstrak

Pertanian hidroponik merupakan metode budidaya tanpa tanah yang kini semakin populer karena mampu memanfaatkan lahan secara efisien dan menghasilkan tanaman dengan kualitas tinggi. Meskipun menawarkan banyak keunggulan, pengelolaan hidroponik secara manual masih sering menghadapi berbagai kendala, seperti ketidaktepatan penyiraman, ketidakakuratan pemberian nutrisi, serta keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kondisi lingkungan. Permasalahan tersebut dapat menurunkan produktivitas dan kualitas hasil panen. Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini mengembangkan Smart-Ponik, sebuah sistem monitoring dan automasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Sistem ini mengintegrasikan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sensor kelembaban sebagai indikator ketersediaan air pada media tanam, serta sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman larutan nutrisi. Seluruh data dikirimkan secara real-time melalui MQTT menuju server, ditampilkan pada dashboard berbasis web, serta dihubungkan dengan sistem notifikasi otomatis melalui aplikasi pesan instan. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa Smart-Ponik mencapai 100% tingkat keberhasilan transmisi data tanpa *packet loss*, dengan rata-rata latensi 0,00 detik dan keterlambatan sesekali sebesar 0,01–0,02 detik akibat ketidakstabilan jaringan. Sistem kendali otomatis untuk pompa dan kipas mencapai tingkat keberhasilan 95%, sementara pengujian *black-box* mencatat 100% keberhasilan semua fungsi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Smart-Ponik terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi, responsivitas, dan efisiensi pengelolaan hidroponik. Automasi berbasis IoT ini berpotensi meningkatkan hasil panen, mengurangi kesalahan manual, serta memastikan kondisi lingkungan yang lebih stabil, sehingga mendukung pengembangan pertanian presisi.

Kata kunci: Internet of Things, MQTT, smart-ponik, hidroponik, monitoring otomatis.

1. Pendahuluan

Sektor pertanian memiliki peran yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya di Provinsi Sulawesi Barat, yang dikenal sebagai daerah penghasil

komoditas utama seperti kakao, kopi, dan cengkeh [1]. Meskipun sektor pertanian memiliki kontribusi signifikan terhadap perekonomian, Banyak petani di wilayah ini yang masih mengandalkan metode pertanian



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

konvensional yang seringkali tidak optimal dalam pengelolaan tanaman mereka [2]. Salah satu tantangan utama dalam pertanian konvensional adalah pengelolaan lingkungan yang tidak terkontrol dengan baik, terutama dalam hal pengaturan kelembaban tanah dan suhu udara, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan menyebabkan hasil yang tidak maksimal [3]. Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang menjanjikan dengan penerapan sistem *smart greenhouse* yang memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time [3], [4].

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dalam sektor pertanian dapat mengoptimalkan pengelolaan lingkungan tanaman [5]. Pengembangan sistem monitoring dan pengendalian tanaman hidroponik berbasis IoT juga mampu mengontrol suhu dan kelembaban udara secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman dalam *smart green house* [6]. Selain itu penggunaan sensor DHT 22 untuk pengontrolan suhu juga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas tanaman hortikultura [7]. Meskipun demikian penelitian-penelitian sebelumnya hanya memonitor satu atau dua parameter lingkungan tanpa mengintegrasikan seluruh variabel penting seperti pH larutan dan kelembaban tanah yang juga merupakan variabel penting dalam menjaga stabilitas ekosistem tanaman terutama untuk tanaman hidroponik [8], [9]. Selain itu, penelitian-penelitian yang ada juga belum menyediakan sistem notifikasi otomatis yang dapat mengingatkan pengguna ketika parameter lingkungan melebihi ambang batas tertentu sehingga respons tetap dilakukan secara manual [10], serta belum adanya juga penilaian terkait kinerja protokol komunikasi secara terukur seperti *latency*, *packet loss*, dan stabilitas pengiriman data, padahal parameter ini merupakan komponen dasar dalam sistem IoT pertanian [11]. Mayoritas penelitian yang ada juga fokus pada tanaman konvensional (*soil-based*) seperti cabai dan tomat, namun masih sedikit yang membahas terkait tanaman hidroponik yang memiliki sensitivitas lingkungan lebih tinggi sehingga perlu pendekatan yang lebih integratif dan evaluatif untuk menghasilkan sistem *smart greenhouse* yang lebih responsif, reliabel dan adaptif [12], [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring berbasis IoT yang dapat memantau suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan PH tanah dalam *smart greenhouse*. Sistem ini akan menggunakan protokol MQTT untuk mengirim data secara efisien dari sensor ke platform monitoring, serta memberikan notifikasi otomatis kepada petani apabila parameter lingkungan melebihi ambang batas yang telah ditentukan [14]. Diharapkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman dengan

meminimalkan resiko kerugian akibat ketidakstabilan kondisi lingkungan dan mengoptimalkan hasil pertanian [15]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap penerapan teknologi IoT dalam pertanian di Sulawesi Barat, serta menjadi referensi bagi teknologi pertanian berbasis IoT di daerah lain di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk menghasilkan suatu *prototype* sistem Smart-Ponik berbasis Internet of Things (IoT) dengan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) yang dapat diimplementasikan pada budidaya hidroponik secara nyata. Metode R&D memungkinkan tidak hanya untuk merancang produk namun dapat juga menguji efektifitas dan keandalan produk tersebut pada kondisi riil [16]. Pendekatan ini relevan dengan penelitian sebelumnya dalam pengembangan sistem monitoring suhu dan kelembaban jamur tiram berbasis MQTT dan Telegram Bot menggunakan metode R&D [17], dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu memberikan data secara real-time serta meningkatkan efisiensi monitoring. Penelitian lain juga menggunakan menggunakan metode R&D dalam merancang sistem monitoring *vertical farming* berbasis IoT, dan terbukti sistem yang dikembangkan dapat berjalan sesuai rancangan serta membantu petani dalam mengelola tanaman [18].

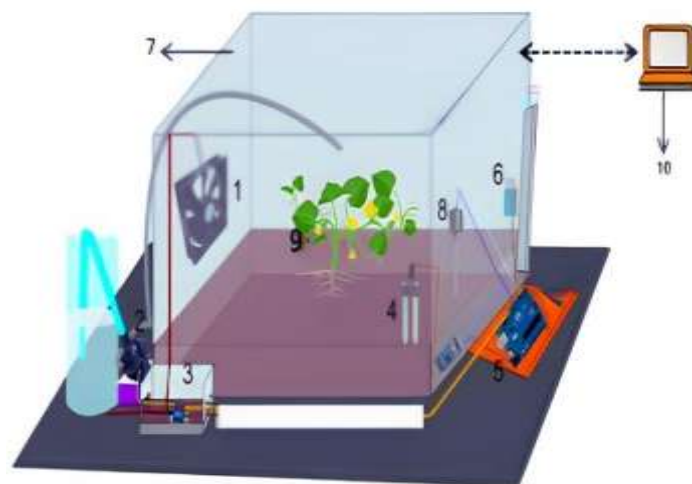
Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu beberapa sensor dan perangkat pendukung yang dirancang untuk memantau parameter lingkungan pada *smart greenhouse* secara real – time. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara [11]. Selanjutnya, sensor *soil moisture* (FC-28) digunakan untuk mendeteksi kadar kelembaban tanah [14]. Selain itu, digunakan pula sensor pH tanah yang mampu mengukur tingkat keasaman media tanam [19]. Semua sensor ini terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno R4 Wi-Fi, yang berfungsi sebagai pusat pengendali untuk membaca, mengolah, serta mengirimkan data melalui protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) ke server [20], [21]. Sistem juga dilengkapi modul *relay* sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air melakukan irigasi otomatis serta kipas DC untuk mengatur sirkulasi udara [12]. Data hasil pengukuran ditampilkan di LCD ukuran 16x2 dan dashboard berbasis web, serta diperkuat dengan sistem notifikasi otomatis melalui aplikasi telegram agar pengguna memperoleh informasi ketika kondisi lingkungan melebihi ambang batas yang telah ditentukan [4].

Pengambilan data dilakukan pada tiga rentang waktu (pagi, siang, malam) untuk menangkap perubahan nilai harian, dengan jumlah pengiriman yang sama untuk setiap sesi. Informasi yang dicatat pada setiap sesi,

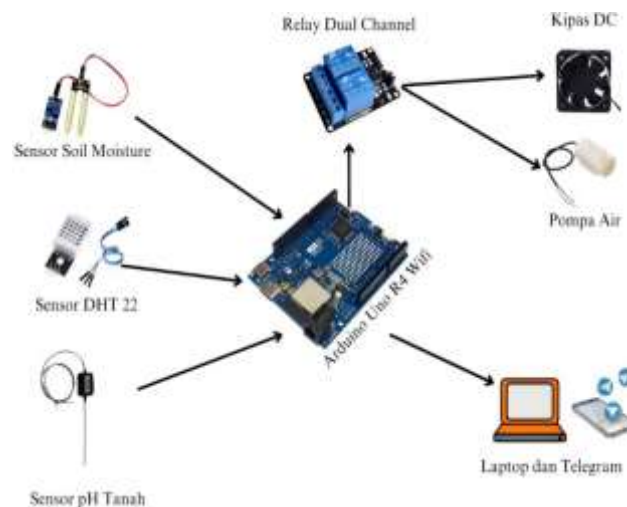
berupa: (1) nilai sensor di LCD, (2) nilai yang diterima dan ditampilkan di dashboard (subscriber), (3) durasi kirim-terima untuk menghitung latensi MQTT dan menilai reliabilitas (tidak adanya *packet loss*), dan (4) memantau kondisi pemicu otomatis (ON/OFF pompa dan kipas) serta waktu respons relatif saat ambang batas terlampaui. Pengujian notifikasi dilakukan dengan melihat saat kondisi melewati *threshold* sehingga sistem harus mengirim notifikasi terkait kondisi tanaman pada waktu tersebut dan mengirimkan informasi terkait parameter, nilai, waktu yang akan dievaluasi.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan kajian literatur dan observasi lapangan. Prosedur eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini dengan melakukan kajian literatur yang bertujuan untuk memperoleh dasar teoritis terkait penerapan IoT dalam pertanian, pemanfaatan protokol MQTT, serta strategi kontrol lingkungan pada sistem hidroponik. Informasi yang diperoleh dari literatur menjadi dasar dalam merumuskan kebutuhan sistem serta menyusun rancangan arsitektur teknologi yang sesuai [15]. Sedangkan observasi lapangan dilakukan

untuk mengamati kondisi nyata budidaya hidroponik, khususnya parameter lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti suhu udara, kelembaban udara, kelembaban media tanam, dan tingkat keasaman larutan nutrisi. Hasil pengamatan empiris ini kemudian dijadikan acuan dalam menentukan ambang batas parameter dan kebutuhan sistem agar lebih realistis dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Penelitian ini diawali dengan perumusan masalah, yaitu mengidentifikasi kelemahan metode manual dalam pemantauan tanaman hidroponik yang seringkali tidak akurat, lambat, dan bergantung pada operator manusia [17], [22]. Setelah kebutuhan terdefinisi dengan baik, selanjutnya merancang sistem sesuai dengan diagram alir rancangan sistem dan arsitektur komunikasi berbasis MQTT dengan pola *publish/subscribe* yang memungkinkan data dikirimkan secara efisien dan real-time untuk mendukung respons cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan [21]. Rancangan kemudian di implementasikan dalam bentuk prototipe sistem Smart-Ponik yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan detail alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Rancangan Prototype System



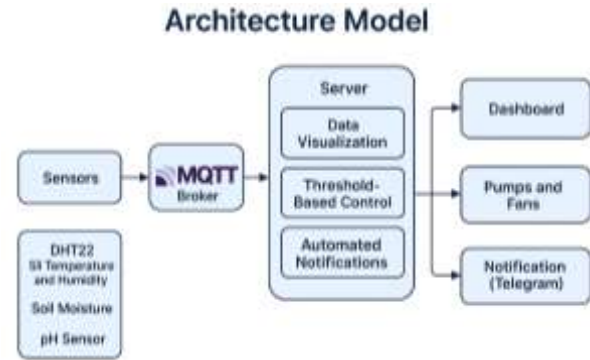
Gambar 2. Detail Alat Yang Digunakan

Tahap implementasi ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa MQTT sebagai mekanisme komunikasi utama antara sensor dan server, memiliki latensi rendah dan lebih efisien dibandingkan protokol lain untuk aplikasi monitoring pertanian [21], [23]. Setelah implementasi selesai, sistem diuji melalui beberapa metode, yakni pengujian perangkat keras untuk memastikan akurasi sensor, pengujian perangkat lunak untuk memeriksa keandalan dashboard, pengujian protokol untuk mengevaluasi latensi dan realibilitas komunikasi, serta pengujian *black-box* untuk memastikan kesesuaian input dan output sistem. Selain itu dilakukan pula pengujian notifikasi untuk memverifikasi kecepatan dan ketepatan pesan peringatan yang dikirimkan melalui aplikasi *text-message*.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah mengevaluasi hasil untuk mengetahui efektivitas sistem dalam mendukung budidaya hidroponik. Apabila ada ketidaksesuaian terhadap ambang batas sensor atau algoritma kontrol, maka dilakukan penyesuaian sehingga sistem dapat bekerja lebih optimal. Proses evaluasi ini sesuai dengan penelitian yang menekankan pentingnya penyempurnaan sistem berbasis IoT untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman hidroponik *indoor* [24]. Dengan demikian, maka metode penelitian ini secara sistematis memadukan kajian teoritis dan bukti empiris, serta mengikuti tahapan pengembangan produk teknologi, sehingga mampu menghasilkan sistem Smart-Ponik yang handal, efisien, dan aplikatif dalam meningkatkan produktivitas pertanian hidroponik modern. Diagram alir dari system ini dapat dilihat pada Gambar 3, sementara desain sistem Smart-Ponik ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Desain Arsitektur Sistem Smart Ponik

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji sistem *Smart-Ponik* dengan memastikan keefektifan dan keandalan dalam memantau parameter lingkungan penting seperti suhu udara, kelembaban udara, kelembaban tanah, serta PH larutan nutrisi, serta menguji performa komunikasi data melalui protokol MQTT. Hasil yang diperoleh menunjukkan sistem mampu memberikan data akurat secara realtime, dengan tingkat kesesuaian tinggi antara tampilan hasil sensor di LCD dan yang ada di dashboard *web based* sesuai pada Gambar 5. Secara umum, hasil ini sejalan dengan tren penelitian dalam bidang *smart agriculture* yang menekankan pentingnya integrasi IoT dalam menunjang pertanian presisi [5].



Gambar 5. Kesesuaian Nilai Suhu Udara Pada Tampilan Sensor di LCD (bawah) dan Hasil di Sistem (atas)

```

20:06:03.203 -> Terhubung ke MQTT!
20:06:03.300 -> Suhu (°C): 32.20
20:06:03.300 -> Data Suhu Berhasil dikirim
20:06:16.211 -> Terhubung ke MQTT!
20:06:19.633 -> Suhu (°C): 32.20
20:06:19.633 -> Data Suhu Berhasil dikirim
20:05:39.233 -> Terhubung ke MQTT!
20:05:39.326 -> Suhu (°C): 32.10
20:05:39.326 -> Data Suhu Berhasil dikirim
  
```

Gambar 6. Pengujian Notifikasi Data Suhu Udara Pada Aplikasi Telegram

Waktu pengujian pada penelitian ini diambil di waktu pagi, siang, dan malam hari dan masing-masing mengirim sebanyak 10 kali data. Pengujian pertama terkait suhu udara memperlihatkan hasil yang relatif stabil, dengan nilai awal 29,8 °C dan meningkat sampai pada titik 31,2 °C pada pagi hari. menurun pada siang hari sampai titik terendah 30,0 °C, dan meningkat kembali pada malam hari hingga 30,9 °C sesuai pada gambar 7. Fluktuasi ini masih berada dalam rentang yang dapat di toleransi oleh sebagian besar tanaman hortikultura. Data yang ditampilkan adalah data suhu pada pagi hari oleh sensor di LCD dengan simbol T, memiliki tingkat kesesuaian yang sama dengan data pada sistem web, dengan hanya terdapat satu kasus ketidaksesuaian akibat gangguan transmisi, sesuai yang terdapat pada tabel 1. Kesesuaian data suhu yang tampil di sensor dan sistem smart ponik serta uji pengiriman notifikasi pada aplikasi telegram untuk pengiriman data suhu pada malam hari juga terkirim sesuai pada Gambar 5 dan Gambar 6. Stabilitas suhu ini penting karena suhu berlebih dapat menurunkan laju fotosintesis sementara suhu rendah dapat memperlambat pertumbuhan [15].



Gambar 7. Fluktuasi Nilai Sensor Suhu Udara

Tabel 1. Pengujian Sensor Suhu Udara Secara *Real Time* di Pagi Hari

Nilai Sensor	Nilai di Sistem	Tanggal	Waktu	Diharapkan
28,80 °C	28,8 °C	22/01/2025	08.00.05	Sesuai
29,90 °C	29,9 °C	22/01/2025	08.00.06	Sesuai
30,10 °C	29,9 °C	22/01/2025	08.00.07	Tidak Sesuai
30,20 °C	30,2 °C	22/01/2025	08.00.08	Sesuai
30,50 °C	30,5 °C	22/01/2025	08.00.09	Sesuai
30,60 °C	30,6 °C	22/01/2025	08.00.10	Sesuai
30,40 °C	30,4 °C	22/01/2025	08.00.11	Sesuai
30,60 °C	30,6 °C	22/01/2025	08.00.12	Sesuai
31,00 °C	31,0 °C	22/01/2025	08.00.13	Sesuai
31,20 °C	31,2 °C	22/01/2025	08.00.14	Sesuai

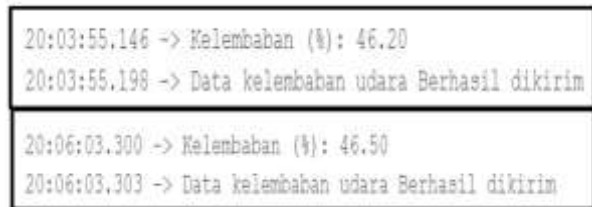
Parameter berikutnya adalah kelembaban udara (*humidity*) menunjukkan tren fluktuatif sepanjang hari. Pada pagi hari, tercatat 61% dan mengalami penurunan sampai pada titik 50%, meningkat kembali menjadi 62,76% pada siang hari, dan sampai pada angka 66,5% di malam hari. kelembaban relatif, karena udara dingin memiliki kapasitas lebih rendah dalam menahan uap air, yang menyebabkan risiko serangan jamur pada daun.

Penurunan suhu pada malam hari meningkatkan kelembaban relatif, karena udara dingin memiliki kapasitas lebih rendah dalam menahan uap air, yang menyebabkan risiko serangan jamur pada daun apabila kelembaban diatas 70% [16]. Data yang ditampilkan merupakan data kelembaban udara pada pagi hari, Hasil pengujian sensor, sesuai pada Tabel 2.



Gambar 8. Kesesuaian Nilai Kelembaban Udara Pada Tampilan Sensor di LCD (bawah) dan Hasil di Sistem (atas)

Pada hasil pengujian sensor di Tabel 2. terdapat dua data yang memiliki ketidaksesuaian antara tampilan di sensor dan tampilan di sistem. Hal ini diakibatkan oleh transmisi jaringan yang tidak stabil, Fluktuasi nilai kelembaban udara dapat dilihat pada gambar 10. sementara kesesuaian data yang ada di sensor dan di system serta pengiriman notifikasi pada aplikasi telegram dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 9. Pengujian Notifikasi Data Kelembaban Udara Pada Aplikasi Telegram

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Udara Secara *Real Time* di Pagi Hari

Nilai Sensor	Nilai di Sistem	Tanggal	Waktu	Diharapkan
61%	61%	22/01/2025	08.02.06	Sesuai
43%	43%	22/01/2025	08.02.07	Sesuai
44%	44%	22/01/2025	08.02.08	Sesuai
43%	43%	22/01/2025	08.02.09	Sesuai
45%	45%	22/01/2025	08.02.10	Sesuai
47%	47%	22/01/2025	08.02.11	Sesuai
49%	49%	22/01/2025	08.02.12	Sesuai
50%	50%	22/01/2025	08.02.13	Sesuai
67%	67%	22/01/2025	08.02.14	Sesuai
70%	70%	22/01/2025	08.02.15	Sesuai

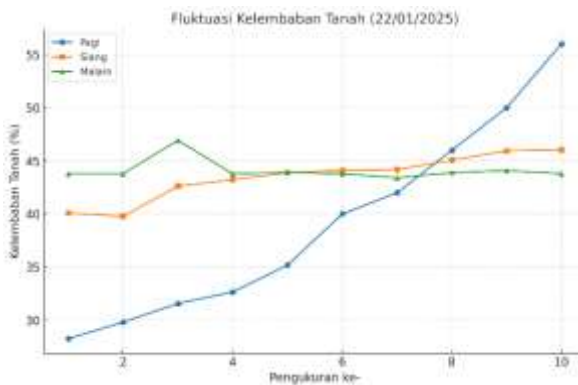


Gambar 10. Fluktuasi Nilai Kelembaban Udara

Parameter berikutnya adalah kelembaban tanah yang menunjukkan peningkatan bertahap dari pagi hingga

Tabel 3. Pengujian Latency Protokol MQTT Sensor Kelembaban Tanah

Nilai Sensor	Timestamp Pengiriman	Timestamp Penerimaan	Selisih Waktu	Pesan di Terima
43,89%	14.52.07	14.52.07	00.00.00	Ya
43,70%	14.52.11	14.52.11	00.00.00	Ya
44,18%	14.52.17	14.52.17	00.00.00	Ya
44,77%	14.57.36	14.57.36	00.00.00	Ya
43,40%	15.01.03	15.01.03	00.00.00	Ya
44,18%	20.03.55	20.03.56	00.00.01	Ya
32,06%	20.04.35	20.04.36	00.00.01	Ya
32,16%	20.05.02	20.05.03	00.00.01	Ya
32,06%	20.06.03	20.06.04	00.00.01	Ya
32,06%	20.06.40	20.06.42	00.00.02	Ya



Gambar 11. Fluktuasi Nilai Kelembaban Tanah

Penelitian lain yang menjelaskan bahwa penggunaan sensor kelembaban tanah untuk mengendalikan irigasi otomatis, yang pada akhirnya mendukung peningkatan produktivitas tanaman [9]. Dengan demikian, grafik kelembaban tanah tidak hanya merepresentasikan data hasil pembacaan sensor, tetapi juga menggambarkan kinerja sistem monitoring dan otomasi penyiraman dalam mendukung konsep *precision agriculture* yang efisien dan berkelanjutan [25].

Selanjutnya, parameter pH Tanah menunjukkan nilai yang relatif konstan dengan sedikit peningkatan sepanjang hari. Data konsisten antara yang tampil di

malam hari. Grafik kelembaban tanah menunjukkan dinamika kadar air yang terukur oleh sensor *soil moisture* pada sistem *Smart-Ponik Monitoring* sesuai pada Gambar 11. Ketika kelembaban tanah turun dibawah ambang batas yang ditentukan, sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi melalui telegram untuk menyalakan pompa air (Pompa ON) sesuai yang terlihat pada Gambar 12.

Hal ini menegaskan bahwa sistem IoT mampu menjaga kelembaban tanah berada pada kisaran optimal yang mendukung pertumbuhan tanaman. Implementasi protokol MQTT dalam sistem ini terbukti efektif dalam mengirimkan data secara *real-time* dengan latensi rendah, sehingga sistem dapat merespon perubahan kondisi lingkungan yang cepat [15] sesuai yang terdapat pada Tabel 3.

layer LCD sensor dan di dashboard sistem sesuai yang ada di Gambar 13. Pada pagi hari pH tercatat sebesar 6,85, meningkat pada siang hari menjadi 6,95 dan malam hari mencapai 7,05, sesuai yang tampak pada fluktuasi kenaikan nilai pH Tanah pada Gambar 14. Stabilitas pH juga sangat signifikan karena pH yang ideal (sekitar 6,0-7,5) menentukan ketersediaan unsur hara dalam larutan. Kesesuaian Data nilai sensor pH tanah dengan nilai yang terkirim ke dashboard sistem dapat dilihat pada Tabel 4.

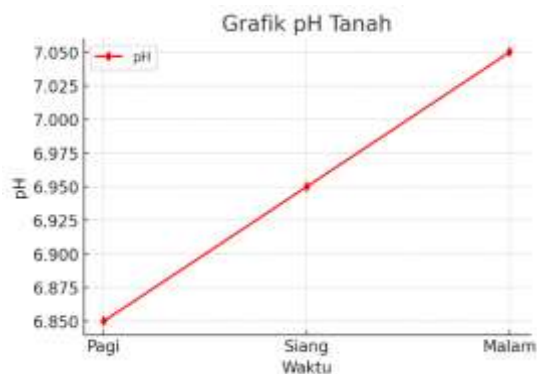


Gambar 12. Notifikasi Via Telegram Untuk Mengaktifkan Pompa Air

Penelitian lain yang menunjukkan bahwa pemantauan pH berbasis IoT dengan sistem fuzzy mampu menjaga kondisi nutrisi dalam kisaran yang optimal bagi pertumbuhan tanaman [8]. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa sistem *Smart-Ponik* memiliki kehandalan tinggi dalam menjaga kestabilan parameter kimia larutan hidroponik.



Gambar 13. Kesesuaian Nilai pH Tanah Pada Tampilan Sensor di LCD (bawah) dan Hasil di Sistem (atas)



Gambar 14. Fluktuasi Nilai pH Tanah

Tabel 4. Pengujian Latency Protokol MQTT Sensor pH Tanah

Nilai Sensor	Nilai di Sistem	Tanggal	Waktu	Diharapkan
7.44	7.44	22/01/2025	08.06.06	Sesuai
7.50	7.50	22/01/2025	08.06.07	Sesuai
7.47	7.47	22/01/2025	08.06.08	Sesuai
7.54	7.54	22/01/2025	08.06.09	Sesuai
7.57	7.57	22/01/2025	08.06.10	Sesuai
7.60	7.60	22/01/2025	08.06.11	Sesuai
7.57	7.57	22/01/2025	08.06.12	Sesuai
7.37	7.37	22/01/2025	08.06.13	Sesuai
7.50	7.50	22/01/2025	08.06.14	Sesuai
7.54	7.54	22/01/2025	08.06.15	Sesuai

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Smart-Ponik mampu menjalankan fungsi monitoring dan kontrol secara efektif. Kesesuaian data antara LCD dan web menegaskan integritas transmisi data, sementara latency rendah membuktikan efisiensi protokol MQTT. Kondisi lingkungan yang tercatat dari sensor juga selaras dengan dinamika fisiologi tanaman, di mana suhu relatif stabil, kelembaban udara meningkat pada malam hari, kelembaban tanah terjaga stabil, dan pH larutan tetap berada pada rentang yang optimal. Hal ini memperkuat bahwa sistem Smart-Ponik dapat menjadi salah satu alternatif Solusi praktis bagi petani hidroponik, baik pada skala rumah tangga maupun industri, untuk

meningkatkan efisiensi, mengurangi resiko dan menunjang keberlanjutan pertanian modern. Untuk penelitian lanjutan, sistem ini dapat diintegrasikan dengan *machine learning* untuk memprediksi kebutuhan air dan nutrisi serta pengembangan aplikasi mobile yang dapat membuat akses monitoring lebih mudah bagi pengguna.

Daftar Rujukan

- [1] B. P. S. (BPS) and P. S. Barat, "Potensi Pertanian Provinsi Sulawesi Barat," 2023.
- [2] G. Heru Sandi and Y. Fatma, "Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i1.5892.
- [3] Romy Aulia *et al.*, "Penerapan Internet Of Things (IOT) Di Lingkungan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura Dan Perkebunan Kabupaten Limapuluh Kota," 2023. doi: 10.59435/jiss.v1i3.177.
- [4] A. Mardhatillah and D. D. S.Kom., M.Sc., "Sistem Notifikasi dan Kontrolling Smart Home Berbasis Internet of Things," *INOVTEK Polbeng - Seri Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 228–242, 2024, doi: 10.35314/isi.v9i1.4043.
- [5] S. Sharma, "Precision Agriculture: Reviewing the Advancements, Technologies, and Applications in Precision Agriculture for Improved Crop Productivity and Resource Management," *Rev. Food Agric.*, vol. 4, no. 2, pp. 45–49, 2023, doi: 10.26480/rfna.02.2023.45.49.
- [6] R. F. Isnanto, N. Syafitri, and H. Ubaya, "Smart Farming: Thinger. io Sebagai Web Monitoring Kondisi Tanah dengan Menerapkan Konsep Internet of Things," *Generic*, pp. 46–50, 2021, [Online]. Available: <http://generic.ilkom.unsri.ac.id/index.php/generic/article/view/139%0Ahttp://generic.ilkom.unsri.ac.id/index.php/generic/article/download/139/122>
- [7] F. R. Ashari, J. Marpaung, F. T. P. W, F. Imansyah, and R. R. Y., "Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu Dan Kelembaban Tanah," 2020.
- [8] K. Ashari, F. T. Informasi, A. H. Mujiyanto, and F. T. Informasi, "Implementasi Iot Dan Fuzzy Mamdani Untuk Pengendalian Ph Dan Nutrisi Dalam Pertanian," vol. 3, no. 5, pp. 306–317, 2025.
- [9] G. Rusmayadi, S. Eddy, Z. Abidin, N. Anripa, S. Rubijantoro, and J. S. Wilson, "Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Tanaman Pangan," *J. Rev. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 7, no. 3, pp. 9488–9495, 2024.
- [10] D. Megah Sari, J. Jumardi, and N. Rasjid, "Protoptype Pengairan Sawah dan Monitoring Kualitas PH Tanah Berbasis IOT," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 240–251, 2022, doi: 10.29408/jit.v5i2.5749.
- [11] S. B. Bhaskoro, H. Supriyanto, B. B. Aji, and B. Pamungkas, "Perbandingan Performansi Latency Protokol Komunikasi Http Dan Mqtt Pada Internet of Things," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 8, no. 2, p. 82, 2022, doi: 10.31884/jtt.v8i2.309.
- [12] R. S. Ronaldo, R. S. Wahjudi, R. H. Subrata, and S. Sulaiman, "Perancangan Smart Greenhouse Sebagai Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (Iot)," *Kocenin Ser. Konf.*, vol. 9, no. 1, pp. 6.9.1–6.9.6, 2020, [Online]. Available: <https://publikasi.kocenin.com/index.php/pakar/article/view/92>
- [13] A. N. Hikmatunnisa, W. Ramadayanti, R. Nuryati, J. Siliwangi, N. Kahuripan, and K. Tasikmalaya, "Analisis Manajemen Produksi Pertanian Hidroponik Berbasis IoT (Internet of Things) di Wisata Edukasi Arjuna Farm Kecamatan Tamansari Kota Tasikmalaya," vol. 1, 2024.
- [14] N. D. Regita, M. I. Nasution, and N. Nasution, "Rancang Bangun Sistem Monitoring pada Tanaman Greenhouse Berbasis Internet of Things (IOT)," *VISA J. Vis. Ideas*, vol. 4, no. 3, pp. 902–915, 2024, doi: 10.47467/visa.v4i3.2372.
- [15] U. Ristian, I. Ruslianto, H. Hasfani, and K. Sari, "Perancangan Arsitektur Node Nirkabel dalam Efisiensi Bandwidth Smart Greenhouse Berbasis Protokol MQTT," *J. Edukasi dan Penelit.*

- Inform.*, vol. 9, no. 2, p. 218, 2023, doi: 10.26418/jp.v9i2.63885.
- [16] A. Y. Rangan, Amelia Yusnita, and Muhammad Awaludin, "Sistem Monitoring berbasis Internet of things pada Suhu dan Kelembaban Udara di Laboratorium Kimia XYZ," *J. E-Komtek*, vol. 4, no. 2, pp. 168–183, 2020, doi: 10.37339/e-komtek.v4i2.404.
- [17] D. R. Kristiyanti, A. Wijayanto, and A. Aziz, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things Menggunakan MQTT dan Telegram BOT," *Adopsi Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 61–73, 2022, doi: 10.30872/atasi.v1i1.60.
- [18] G. Kudirka, A. Viršilė, R. Sutulienė, K. Laužikė, and G. Samuolienė, "Precise Management of Hydroponic Nutrient Solution pH: The Effects of Minor pH Changes and MES Buffer Molarity on Lettuce Physiological Properties," *Horticulturae*, vol. 9, no. 7, 2023, doi: 10.3390/horticulturae9070837.
- [19] R. Daniel, A. D. N. Utomo, and Y. A. Setyoko, "Rancangan Bangun Alat Monitoring Kelembaban, PH Tanah dan Pompa Otomatis pada Tanaman Tomat dan Cabai," *LEDGER J. Inform. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 161–170, 2022.
- [20] F. Stefwa Rifa'i Rizky Dimas Arifta, N. Akbar Rozaq Rais, and S. Rokhmah, "Rancang Bangun Teknologi Internet of Things (IoT) Dalam Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Pemupukan Tanaman Terjadwal," *DutaCom*, vol. 17, no. 1, pp. 67–81, 2024, doi: 10.47701/dutacom.v17i1.3807.
- [21] R. D. Rusnawati and T. S. Hariyati, "Implementasi Internet of Things Pada Layanan Kesehatan," *J. Innov. Reseach Knowl.*, vol. 3471, no. 8, pp. 569–574, 2022.
- [22] F. Vinola and A. Rakhman, "Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things," *J. Tek. elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 117–126, 2020.
- [23] U. Ristian, I. Ruslianto, and K. Sari, "Sistem Monitoring Smart Greenhouse pada Lahan Terbatas Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 8, no. 1, p. 87, 2022, doi: 10.26418/jp.v8i1.52770.
- [24] B. Murtianta, S. Danis Ronaldo, and D. Susilo, "Perancangan Prototype Smart Indoor Greenhouse IoT untuk Membantu Permasalahan Budidaya Tanaman Selada di Kota Kupang," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 2, pp. 297–310, 2022, doi: 10.31358/techne.v21i2.331.
- [25] Q. Syadza, A. G. Permana, and D. N. Ramdan, "Pengontrolan Dan Monitoring Prototype Green House Menggunakan Mikrokontroler Dan Firebase," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 192–197, 2018.