



Sistem Pemantau Kondisi Lingkungan Pertanian Tanaman Pangan dengan NodeMCU ESP8266 dan Raspberry Pi Berbasis IoT

Agus Ambarwari¹, Dewi Kania Widyawati², Anung Wahyudi³

^{1,2}Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Lampung

³Teknologi Perbenihan, Politeknik Negeri Lampung

¹ambarwariagus@polinela.ac.id, ²dewi_mi@polinela.ac.id, ³anung@polinela.ac.id

Abstract

The increasing need for food is not in line with the clearing of agricultural land for food crops. So that the effort to increase the productivity of agricultural products is by applying precision agriculture. However, in reality, precision agriculture is difficult to apply to conventional processes, where farmers come to the farm, collect data, then carry out maintenance. This method will make production results not optimal because maintenance is not done accurately. This study introduces a monitoring system for environmental conditions based on the Internet of Things (IoT) for agricultural land, where trials are carried out in a greenhouse. The system that has been developed consists of several sensors designed to collect information related to agricultural environmental conditions, including DHT22 sensor (temperature and humidity), DS18B20 sensor (soil temperature), soil moisture sensor (moisture content in the soil), and BH1750 sensor (light intensity). Based on the Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol, the data is sent to a gateway (Raspberry Pi) and a local server via a wireless network to be stored in a database. By using the Node-RED Dashboard, the received sensor data is then displayed on the browser every time the sensor sends data. In addition, the local server also publishes sensor data to the public MQTT broker so that sensor data can be accessed through the MQTT Dashboard application on a smartphone. The results of testing for 25 days of the system running obtained an average success of the system in storing data of 99.64%.

Keywords: precision agriculture, monitoring system, IoT, Node-RED, MQTT.

Abstrak

Kebutuhan pangan yang semakin meningkat tidak sejalan dengan pembukaan lahan pertanian untuk tanaman pangan. Sehingga upaya untuk meningkatkan produktivitas hasil pertanian yaitu dengan menerapkan pertanian presisi. Namun, pada kenyataannya pertanian presisi sulit diterapkan pada proses konvensional, dimana petani mendatangi lahan pertanian, mengambil data, lalu melakukan pemeliharaan. Cara tersebut akan membuat hasil produksi tidak maksimal karena pemeliharaan tidak dilakukan secara akurat. Penelitian ini memperkenalkan sistem pemantau kondisi lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk lahan pertanian, dimana uji coba dilakukan di dalam *greenhouse*. Sistem yang telah dikembangkan terdiri dari beberapa sensor yang didesain untuk mengumpulkan informasi terkait kondisi lingkungan pertanian, diantaranya sensor DHT22 (suhu dan kelembaban udara), sensor DS18B20 (suhu tanah), sensor *soil moisture* (kadar air pada tanah), dan sensor BH1750 (intensitas cahaya). Berbasis protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), data tersebut dikirim ke *gateway* (Raspberry Pi) dan server lokal melalui jaringan nirkabel untuk disimpan di dalam *database*. Dengan menggunakan *Node-RED Dashboard*, data sensor yang diterima kemudian ditampilkan pada *browser* setiap sensor mengirimkan data. Selain itu, server lokal juga melakukan *publish* data sensor ke *public MQTT broker* agar data sensor dapat diakses melalui aplikasi *MQTT Dashboard* di *smartphone*. Hasil pengujian selama 25 hari sistem berjalan, diperoleh rata-rata keberhasilan sistem dalam menyimpan data sebesar 99.64%.

Kata kunci: pertanian presisi, sistem pemantau, IoT, Node-RED, MQTT.

1. Pendahuluan

Pada tahun 2050, diprediksi populasi manusia akan meningkat 33% yang berarti juga akan meningkatkan kebutuhan makanan [1], [2]. Menurut Organisasi

Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa Bangsa, bahwa di tahun 2050 dunia perlu memproduksi 70% lebih banyak bahan makanan untuk memenuhi kebutuhan pangan [3], [4]. Hal ini tidak sebanding

dengan peningkatan luas lahan pertanian yang terjadi, khususnya di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), luas lahan pertanian Indonesia sejak tahun 2008-2015 rata-rata meningkat sebesar 0,17% per tahun [5]. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan pangan adalah dengan meningkatkan produktivitas melalui pertanian presisi.

Pertanian presisi merupakan strategi manajemen yang mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data temporal, spasial dan individual, serta menggabungkannya dengan informasi lain untuk mendukung keputusan manajemen sesuai dengan variabilitas yang diperkirakan dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, produktivitas, kualitas, profitabilitas, dan keberlanjutan produksi pertanian [6]–[8]. Namun, pada kenyataannya pertanian presisi sulit diterapkan pada proses konvensional, dimana petani mendatangi lahan pertanian, mengambil data, lalu melakukan pemeliharaan. Cara tersebut akan membuat hasil produksi tidak maksimal karena pemeliharaan tidak dilakukan secara akurat [9]. Oleh karena itu, diperlukan aplikasi sensor dalam sistem pertanian yang dapat dipantau serta dikendalikan darimana saja dan kapan saja, sehingga diperoleh data yang akurat.

Hadirnya teknologi *Internet of Things* (IoT), dimana setiap benda dapat diidentifikasi secara unik, dilengkapi dengan sensor dan terhubung secara *real-time* ke internet [10]–[12], dapat berkontribusi secara signifikan untuk memenuhi tantangan ini. Beberapa penelitian yang menerapkan IoT pada bidang pertanian diantaranya untuk memantau kelembaban tanah, kondisi lingkungan, fenomena meteorologi [13]–[16], pemantauan dan otomatisasi lahan termasuk rumah kaca [17], [18], penyiraman tanaman [19], irigasi otomatis [20], pemanfaatan drone [21], [22], hingga robot tani (*farmbots*) untuk memantau dan mengontrol pertanian skala kecil [23]. Penerapan konsep IoT pada pertanian ini dikenal dengan istilah *smart farming* (sistem pertanian cerdas).

Berdasarkan dari berbagai hasil penelitian, didapati bahwa sistem pertanian cerdas menerapkan beberapa konsep yang sama. Konsep tersebut diantaranya konektivitas dengan internet, pengukuran yang akurat dan penghematan sumber daya. Dengan menerapkan sistem pertanian cerdas, maka masalah sumber daya serta keakuratan dalam pemeliharaan akan teratasi. Sehingga produksi hasil pertanian untuk tanaman pangan dapat meningkat.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem pertanian cerdas untuk memantau kondisi lingkungan di lahan pertanian, diantaranya suhu, kelembaban, suhu tanah, kadar air pada tanah, dan intensitas cahaya. Informasi tersebut diperoleh dari sensor-sensor yang terpasang di area lahan pertanian. Sistem terdiri dari

source node berupa *board* NodeMCU ESP8266 yang dihubungkan dengan sensor DHT22, DS18B20, *soil moisture*, dan BH1750. Berbasis protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), data sensor kemudian dikirimkan ke *gateway* (Raspberry Pi) melalui jaringan nirkabel. Hasil pengukuran tersebut kemudian disimpan pada *database* dan ditampilkan pada *smartphone* dengan selang waktu satu menit. Berdasarkan data yang ditampilkan inilah, nantinya dapat digunakan sebagai langkah untuk mengambil keputusan dalam manajemen pertanian seperti penyiraman dan pemberian pupuk guna meningkatkan produktivitas pertanian.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari empat tahapan, yaitu analisis kebutuhan; desain sistem, alur kerja sistem, implementasi; pengujian; dan evaluasi.

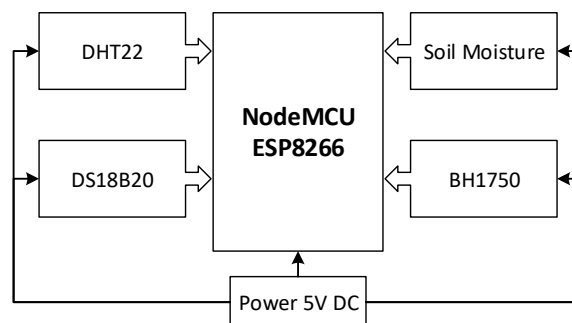
2.1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan meliputi analisis data kondisi lingkungan yang dibutuhkan tanaman agar tumbuh optimal. Kemudian dilakukan analisis kebutuhan alat atau sensor yang dapat digunakan untuk mendapatkan data kondisi lingkungan tersebut. Hasil studi literatur dari beberapa jurnal didapatkan beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan tanaman diantaranya suhu udara, kelembaban, intensitas cahaya, suhu tanah, kadar air pada tanah, dan hama [13]–[18], [24].

Berdasarkan data lingkungan tersebut beberapa sensor dapat diterapkan untuk memantau kondisi lingkungan, antara lain sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu tanah, sensor *soil moisture* untuk mengukur kadar air pada tanah, dan sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya.

2.2. Desain Sistem

Sistem yang dirancang terdiri dari dua bagian dasar, yaitu *source node* dan *gateway*. *Source node* terdiri dari *board* NodeMCU ESP8266, sensor DHT22, sensor DS18B20, sensor *soil moisture*, dan sensor BH1750. Layout *hardware* dari *source node* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Layout *hardware* dari *source node*

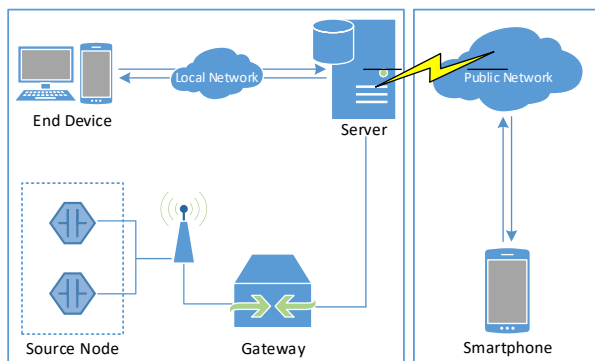
Sedangkan *gateway* berfungsi untuk mengolah data yang diperoleh dari *source node* dan kemudian disimpan dalam *database*. *Gateway* berupa papan komputer Raspberry Pi 3B+ dengan sistem operasi NOOBS, RAM 1 GB, dan microSD 32 GB yang telah terpasang broker Mosquitto MQTT, Node-RED, *Node-RED Dashboard*, serta *database* SQLite. Blok diagram *gateway* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen *gateway*

2.3. Alur Kerja Sistem

Secara umum alur kerja sistem pemantau kondisi lingkungan pertanian yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur kerja sistem

Berdasarkan Gambar 3, proses pertama dilakukan oleh *source node*. *Source node* berfungsi untuk mengoleksi data suhu, kelembaban, suhu tanah, kadar air pada tanah, dan intensitas cahaya melalui sensor-sensor yang dipasang di sekitar tanaman. Data yang didapat dari sensor kemudian dikemas dalam satu frame paket data untuk dikirimkan ke *gateway* melalui jaringan *wireless* dengan interval waktu setiap menit.

Gateway memproses data yang diterima dari *source node* untuk memastikan data-data dapat diolah. Pada tahap ini, *gateway* melakukan pemecahan paket data dari keseluruhan paket yang diterima. Frame yang telah diterima *gateway* berisi *source node name* dan data sensor. Data sensor tersebut kemudian diproses dan diterjemahkan ke dalam bentuk variabel string agar dapat disimpan ke *database*.

Pada *database* hanya terdapat satu tabel yaitu tabel *data_sensor*. Tabel *data_sensor* berfungsi untuk menyimpan data sensor dari *source node*. Pada tabel *data_sensor* terdapat delapan kolom seperti ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Struktur tabel *data_sensor*

Column	Field	Type
1	id	INTEGER
2	temperature	NUMERIC
3	humidity	NUMERIC
4	soil_temperature	NUMERIC
5	soil_moisture	NUMERIC
6	lux	NUMERIC
7	timestamp	DATETIME
8	device	TEXT

Setelah diproses oleh *gateway*, pemrosesan berikutnya adalah di server. Server berfungsi sebagai penghubung ke jaringan lokal dan jaringan publik. Pada bagian ini server melakukan *subscribe* data sensor ke *gateway*, untuk diproses sebagaimana proses di *gateway*. Namun, server juga melakukan *publish* data sensor ke *public MQTT broker*, agar data sensor dapat diakses melalui jaringan publik.

Data yang diterima oleh server, pada saat yang sama juga ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi web yang dikembangkan menggunakan *Node-RED Dashboard*. Akses aplikasi web ini hanya dapat dilakukan pada jaringan lokal melalui alamat <http://ambarwari.iot>. Sedangkan pada jaringan publik, sistem pemantau kondisi lingkungan pertanian dapat diakses melalui aplikasi *MQTT Dashboard* di *smartphone*.

2.4. Implementasi

Implementasi merupakan tahap merangkai setiap komponen alat dan bahan yang telah disiapkan, penulisan dan pengunggahan kode program ke *source node*. Rancangan sistem perangkat lunak di *source node* menggunakan pustaka Arduino untuk pembacaan sensor. Sedangkan pada *gateway* dan server menggunakan Node-RED untuk mengolah data sensor yang diterima. Prototipe *source node* yang telah dirangkai ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Prototipe *source node*

Selain itu, juga dilakukan konfigurasi pada *gateway* dan server. Pemasangan *Gateway* dilakukan di dalam ruang

dekat area pengujian yang dihubungkan ke *access point* menggunakan kabel LAN. Pemasangan Raspberry Pi sebagai *gateway* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemasangan Raspberry Pi sebagai *gateway*

Pada *gateway* dilakukan konfigurasi *Node-RED Dashboard* untuk menampilkan data yang diperoleh dari *source node* dan menyimpannya ke *database SQLite*. Desain *flow* pada *Node-RED Dashboard* ditunjukkan pada Gambar 6.

2.5. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memasang prototipe *source node* di lahan *Seed Teaching Farm* Politeknik Negeri Lampung. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan, antara lain: 1) pembacaan sensor; 2) pengiriman data sensor ke *gateway*; 3) penyimpanan data ke *database*; dan 4) pengujian di dalam *greenhouse*.

2.6. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menganalisis kelemahan dari sistem dan kemungkinan dalam pengembangannya. Aspek yang dievaluasi terhadap sistem antara lain

keberhasilan pengiriman data, penyimpanan data di *database*, dan persentase jumlah data yang duplikat maupun hilang.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah prototipe selesai dirakit dan dikonfigurasi pada setiap komponen, kemudian dilakukan pengujian. Terdapat empat pengujian yang dilakukan, antara lain pengujian 1) pembacaan sensor; 2) pengiriman data sensor ke *gateway*; 3) penyimpanan data ke *database*; dan 4) pengujian di dalam *greenhouse*.

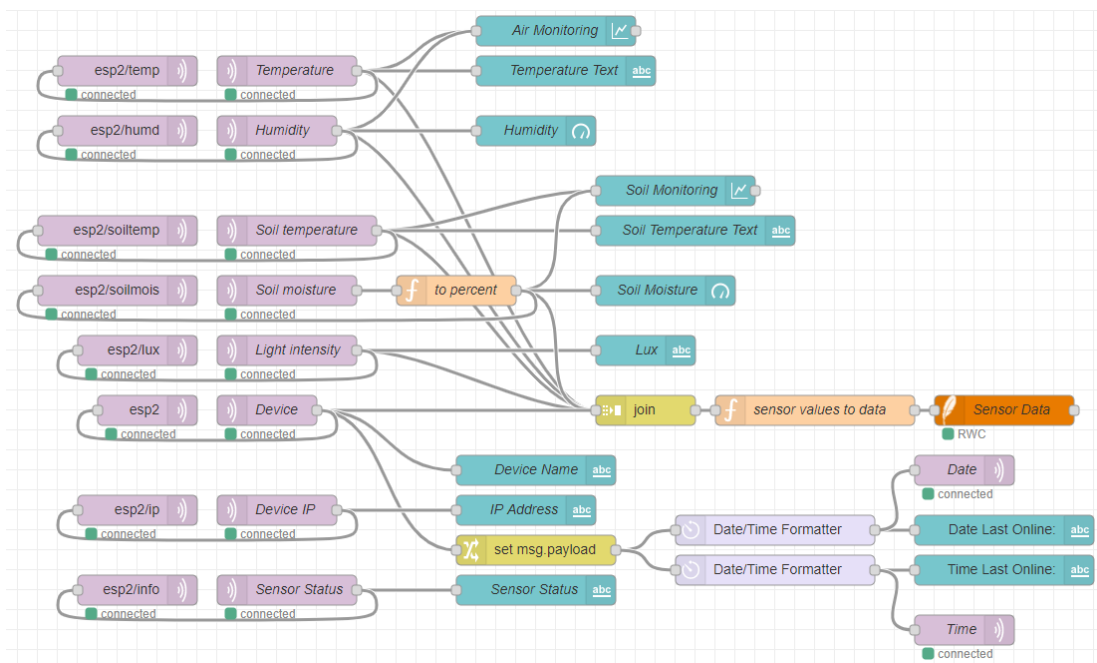
3.1. Pembacaan Sensor

Sebelum perangkat *source node* dipasang, dilakukan pengujian pembacaan sensor. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa semua sensor berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan *source node* ke komputer, kemudian hasil pembacaan sensor ditampilkan pada serial monitor aplikasi Arduino IDE. Pengujian pembacaan sensor ditunjukkan pada Gambar 7.

Light (lx)	Temp (°C)	Humd (%)	Soil	Soil Temp
365.83	29.30	91.30	777	28.19
374.17	29.30	91.40	776	28.19
381.67	29.30	91.50	764	28.19
390.00	29.30	91.40	785	28.19
410.00	29.30	91.30	768	28.12
342.50	29.30	91.30	99	27.75
408.33	29.30	91.50	153	27.38

Gambar 7. Pengujian pembacaan sensor

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa semua sensor berfungsi dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai-nilai yang terdapat pada serial monitor, dimana setiap sensor berhasil melakukan pembacaan.



Gambar 6. Desain aliran (*flows*) pada *Node-RED Dashboard*

3.2. Pengiriman Data Sensor ke Gateway

Setelah sensor berhasil melakukan pembacaan, kemudian dilakukan pengujian pengiriman data sensor dari *source node* ke *gateway*. Tahapan pengujian ini, yaitu menghubungkan Raspberry Pi ke *access point*, kemudian konfigurasi alamat *MQTT broker* pada NodeMCU ESP8266 dengan *ip address* Raspberry Pi, setelah konfigurasi selesai hubungkan NodeMCU ESP8266 ke *access point*.

Hasil pengujian pengiriman data sensor dari *source node* ke *gateway* ditampilkan melalui serial monitor aplikasi Arduino IDE sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

```

Connected to Wi-Fi.
Connecting to MQTT...
Connected to MQTT.
Session present: 0
Publishing on topic esp1 at QoS 1, packetId: 1 Message: 8.21
Publishing on topic esp1/ip at QoS 1, packetId: 2 Message:192.168.58.99
Publishing on topic esp1/status at QoS 1, packetId: 3 Message:Sensor Oke
Publishing on topic esp1/temp at QoS 1, packetId: 4 Message: 35.80
Publishing on topic esp1/humid at QoS 1, packetId 5: Message: 56.30
Publishing on topic esp1/soiltemp at QoS 1, packetId: 6 Message: 25.12
Publishing on topic esp1/soilmois at QoS 1, packetId: 7 Message: 782
Publishing on topic esp1/lux at QoS 1, packetId: 8 Message: 47.50
Publish acknowledged. packetId: 1
Publish acknowledged. packetId: 2
Publish acknowledged. packetId: 3
Publish acknowledged. packetId: 4
    
```

Gambar 8. Pengujian pengiriman data sensor ke gateway

Informasi pertama yang diperoleh dari serial monitor pada Gambar 8 adalah koneksi *source node* ke *gateway* berhasil, berdasarkan pesan *Connected to MQTT*. Sedangkan pesan *publish acknowledged* menunjukkan bahwa data sensor telah terkirim ke *MQTT broker*.

3.3. Penyimpanan Data ke Database

Data yang diterima oleh *gateway* selanjutnya disimpan di dalam *database SQLite*. Untuk menampilkan data di dalam *database* sehingga mudah dikelola maka digunakan *phpLiteAdmin*. Tampilan data yang telah tersimpan di *database SQLite* melalui *phpLiteAdmin* ditunjukkan pada Gambar 9.

id	temperature	humidity	soil_temperature	soil_moisture	lux	timestamp	device
31561	38.6	65.7	32.63	25.41	4526.67	2020-08-04 07:04:17	ESP1
31562	38.5	62.5	32.56	25.53	4100.83	2020-08-04 07:05:17	ESP1
31563	38.4	66.1	32.5	25.41	3718.33	2020-08-04 07:06:17	ESP1
31564	38.2	60.2	32.44	27.53	3431.67	2020-08-04 07:07:17	ESP1
31565	38	66.9	32.38	25.18	3274.17	2020-08-04 07:08:17	ESP1

Gambar 9. Data sensor yang tersimpan di database SQLite

3.4. Pengujian di dalam Greenhouse

Pengujian berikutnya yaitu memasang *source node* di dalam *greenhouse*. Pemasangan *source node* di dalam *greenhouse* ditunjukkan pada Gambar 10.

Source node sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10 dibuat dalam satu kotak. Komponen pada kotak tersebut antara lain, sensor *soil moisture* dan DS18B20 yang dipasang di dalam tanah bersama tanaman untuk membaca kadar air dan suhu tanah. Sedangkan sensor DHT22 dan BH1750 yang digunakan untuk mengukur

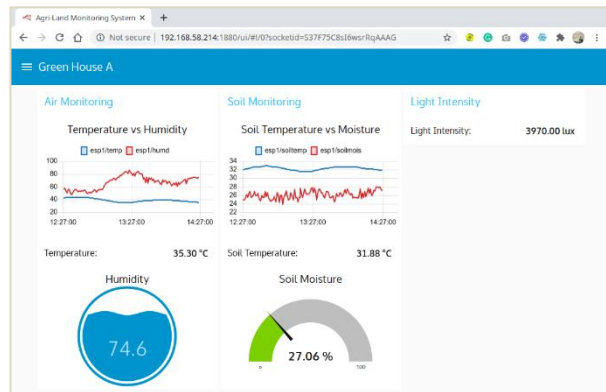
suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya dipasang menjadi satu di dalam kotak sensor.



Gambar 10. Pemasangan source node di dalam greenhouse

3.5. Dashboard pada Aplikasi Web

Data lingkungan yang dibaca oleh sensor setiap menit, dikirim ke *gateway* melalui jaringan *wireless*. Kemudian data ditampilkan dengan antarmuka berupa aplikasi web menggunakan *Node-RED Dashboard* oleh *gateway*. Antarmuka sistem pemantauan kondisi lingkungan di lahan pertanian ditunjukkan pada Gambar 11.



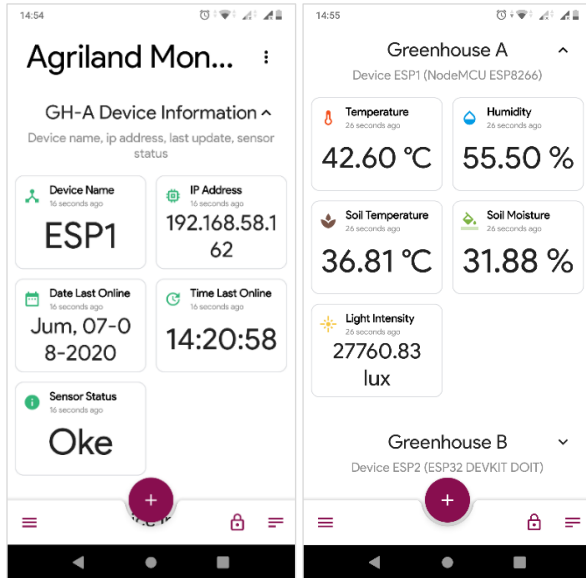
Gambar 11. Dashboard sistem pada aplikasi web

Pada Gambar 11, informasi yang ditampilkan antara lain kondisi lingkungan dan *device information* (*source node*). Kondisi lingkungan meliputi suhu udara, kelembaban, suhu tanah, *soil moisture*, dan intensitas cahaya. Sedangkan *device information* meliputi *device name*, *ip address*, *date and time last online*, dan *sensor status*. Informasi tentang kondisi lingkungan tersebut ditampilkan secara *real-time* setiap *source node* mengirimkan data.

3.6. Dashboard pada Aplikasi Mobile

User interface yang digunakan pada *smartphone* menggunakan aplikasi *MQTT Dashboard* yang dapat diunduh melalui *Android playstore*. Tampilan aplikasi *MQTT Dashboard* untuk memantau kondisi lingkungan di lahan pertanian ditunjukkan pada Gambar 12.

Informasi yang ditampilkan pada aplikasi *MQTT Dashboard* sama seperti informasi pada aplikasi web, yaitu *device information* dan kondisi lingkungan di lahan pertanian.



Gambar 12. MQTT Dashboard untuk memantau kondisi lingkungan di lahan pertanian

3.7. Evaluasi

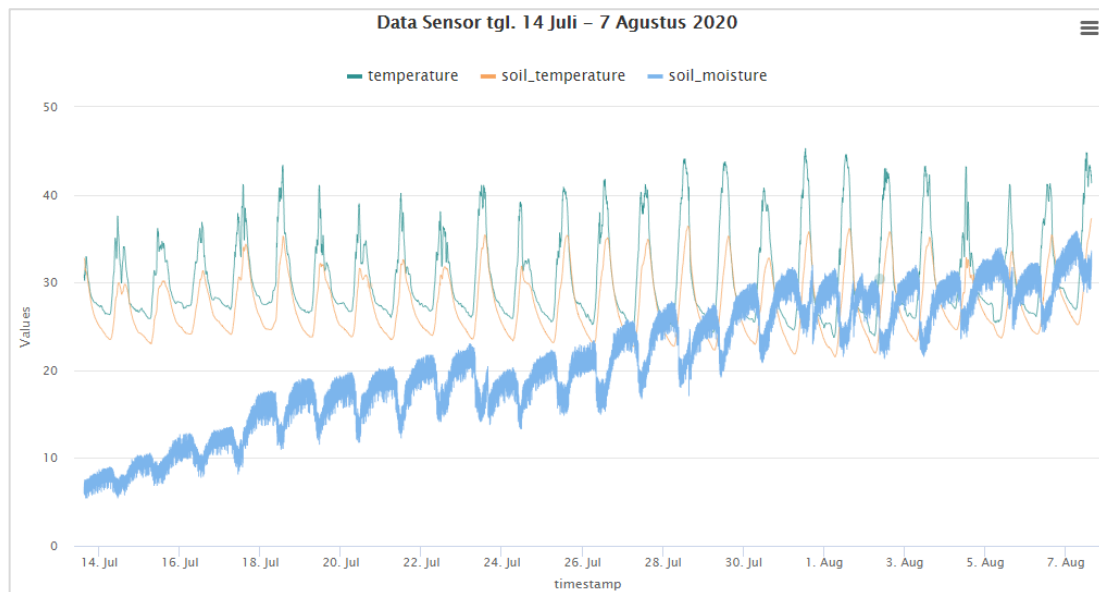
Selain data ditampilkan pada *dashboard*, data juga disimpan pada *database* SQLite. Tampilan data suhu udara, suhu tanah, dan kelembaban tanah yang tersimpan di dalam *database* selama 25 hari, yaitu dari tanggal 14 Juli – 7 Agustus 2020 ditunjukkan pada Gambar 13.

Selama 25 hari sistem berjalan, diperoleh sebanyak 35922 data. Adapun rincian banyak data perhari dan persentase keberhasilan sistem ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase keberhasilan data disimpan dan hilang

No	Tanggal	Banyak data	Success (%)	Lost or duplicate (%)
1	14 Juli	1440	100	0
2	15 Juli	1450	99.31	0.69
3	16 Juli	1443	99.79	0.21
4	17 Juli	1440	100	0
5	18 Juli	1439	99.93	0.76
6	19 Juli	1430	99.31	0
7	20 Juli	1440	100	0
8	21 Juli	1440	100	0
9	22 Juli	1424	98.89	1.11
10	23 Juli	1440	100	0
11	24 Juli	1440	100	0
12	25 Juli	1418	98.47	1.53
13	26 Juli	1440	100	0
14	27 Juli	1419	98.54	1.46
15	28 Juli	1427	99.1	0.9
16	29 Juli	1435	99.65	0.35
17	30 Juli	1440	100	0
18	31 Juli	1440	100	0
19	1 Agustus	1440	100	0
20	2 Agustus	1440	100	0
21	3 Agustus	1440	100	0
22	4 Agustus	1441	99.93	0.07
23	5 Agustus	1441	99.93	0.07
24	6 Agustus	1425	98.96	1.04
25	7 Agustus	1450	99.31	0.69
Rata-rata			99.64	0.36

Banyak data yang seharusnya diperoleh perharinya adalah 1440 data, dimana 1440 merupakan hasil kali 24 jam dengan 60 menit. Berdasarkan Tabel 2, diperoleh data yang sama (*duplicate*) yaitu pada tanggal 15, 16 Juli, dan tanggal 4, 5, 7 Agustus. Selain itu, kehilangan data juga terjadi pada tanggal 18, 19, 22, 25, 27-29 Juli dan 6 Agustus. Adapun persentase rata-rata keberhasilan sistem dalam menyimpan data adalah sebesar 99.64%, sedangkan persentase rata-rata kehilangan dan duplikasi data adalah sebesar 0.36%. Adanya duplikasi dan kehilangan data merupakan hal yang wajar selama tidak



Gambar 13. Data suhu udara, suhu tanah, dan kelembaban tanah dari 14 Juli – 7 Agustus 2020

memengaruhi akurasi pembacaan sensor. Hal ini sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 13, meski terdapat duplikasi dan kehilangan data, namun pola data tetap sama setiap harinya.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sistem pemantauan kondisi lingkungan pertanian menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem yang dikembangkan mampu memberikan informasi seperti suhu udara, kelembaban, suhu tanah, kadar air pada tanah, dan intensitas cahaya secara *real-time* setiap menit. Informasi tersebut ditampilkan melalui antarmuka aplikasi web yang dapat diakses dari jaringan lokal dan dari jaringan publik menggunakan aplikasi *mobile*. Pengujian selama 25 hari menunjukkan bahwa sistem mampu berjalan dengan baik, dengan persentase rata-rata keberhasilan menyimpan data di dalam *database* sebesar 99.64%.

Pengembangan lebih lanjut terhadap penelitian ini masih dapat dilakukan seperti penerapan *artificial intelligence* sebagai kontrol otomatis penyiraman tanaman berdasarkan data sensor.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Lampung yang telah memberikan pendanaan melalui program Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat DIPA Tahun 2020.

Daftar Rujukan

- [1] O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow, dan M. N. Hindia, "An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges," *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 5, hlm. 3758–3773, 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2844296.
- [2] M. C. Vuran, A. Salam, R. Wong, dan S. Irmak, "Internet of underground things in precision agriculture: Architecture and technology aspects," *Ad Hoc Networks*, vol. 81, hlm. 160–173, 2018, doi: 10.1016/j.adhoc.2018.07.017.
- [3] Beecham Research Limited, "Towards Smart Farming: Agriculture Embracing The IoT vision," 2014. [Daring]. Tersedia pada: https://www.beechamresearch.com/files/BRL_Smart_Farming_Executive_Summary.pdf.
- [4] V. N. Malavade dan P. K. Akulwar, "Role of IoT in Agriculture," *IOSR J. Comput. Eng.*, hlm. 56–57, 2016.
- [5] Hariyanto dkk., *Luas Lahan Menurut Penggunaan, 2015*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2016.
- [6] A. T. Balafoutis dkk., *Smart Farming Technologies – Description, Taxonomy and Economic Impact*. 2017.
- [7] ISPA, "Precision Ag Definition," *International Society for Precision Agriculture (ISPA)*, 2019. <https://www.ispag.org/about/definition> (diakses Mar 19, 2020).
- [8] A. Khattab, A. Abdelgawad, dan K. Yelmarthi, "Design and implementation of a cloud-based IoT scheme for precision agriculture," *Proc. Int. Conf. Microelectron. ICM*, vol. 0, hlm. 201–204, 2016, doi: 10.1109/ICM.2016.7847850.
- [9] T. A. A. Ali, V. Choksi, dan M. B. Potdar, "Precision Agriculture Monitoring System using Green Internet of Things (G-IoT)," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 4, hlm. 481–487, 2018, doi: 10.22214/ijraset.2018.4493.
- [10] W. Abdallah, M. Khair, M. Ayyash, dan I. Asad, "IoT system to control greenhouse agriculture based on the needs of Palestinian farmers," dalam *ICFNDS '18: Proceedings of the 2nd International Conference on Future Networks and Distributed*, 2018, no. 8, hlm. 1–9, doi: 10.1145/3231053.3231061.
- [11] M. Stočes, J. Vaněk, J. Masner, dan J. Pavlík, "Internet of things (IoT) in agriculture - Selected aspects," *Agric. On-line Pap. Econ. Informatics*, vol. 8, no. 1, hlm. 83–88, 2016, doi: 10.7160/aol.2016.080108.
- [12] C. Verdouw, S. Wolfert, dan B. Tekinerdogan, "Internet of things in agriculture," *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.*, vol. 11, no. October 2017, 2016, doi: 10.1079/PAVSNNR201611035.
- [13] S. Heble, A. Kumar, K. V. V. D. Prasad, S. Samirana, dan P. Rajalakshmi, "A low power IoT network for smart agriculture," *IEEE World Forum Internet Things, WF-IoT 2018 - Proc.*, vol. January, hlm. 609–614, 2018, doi: 10.1109/WF-IoT.2018.8355152.
- [14] S. R. Prathibha, A. Hongal, dan M. P. Jyothi, "IoT Based Monitoring System in Smart Agriculture," *Proc. - 2017 Int. Conf. Recent Adv. Electron. Commun. Technol. ICRAECT 2017*, hlm. 81–84, 2017, doi: 10.1109/ICRAECT.2017.52.
- [15] D. K. Widyawati, A. Ambarwari, dan A. Wahyudi, "Design and Prototype Development of Internet of Things for Greenhouse Monitoring System," dalam *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2020*, 2020, hlm. 389–393, doi: 10.1109/ISRITI51436.2020.9315487.
- [16] S. Trilles, A. González-Pérez, dan J. Huerta, "A comprehensive IoT node proposal using open hardware. A smart farming use case to monitor vineyards," *Electron.*, vol. 7, no. 12, 2018, doi: 10.3390/electronics7120419.
- [17] D. Liu, X. Cao, C. Huang, dan L. Ji, "Intelligent agriculture greenhouse environment monitoring system based on IOT technology," *Proc. - 2015 Int. Conf. Intell. Transp. Big Data Smart City, ICITBS 2015*, hlm. 487–490, 2016, doi: 10.1109/ICITBS.2015.126.
- [18] I. Mohanraj, K. Ashokumar, dan J. Naren, "Field Monitoring and Automation Using IOT in Agriculture Domain," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 93, no. September, hlm. 931–939, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.07.275.
- [19] J. Muangprathub, N. Boonnam, S. Kajornkasirat, N. Lekbangpong, A. Wanichsombat, dan P. Nillaor, "IoT and agriculture data analysis for smart farm," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 156, no. November 2018, hlm. 467–474, 2019, doi: 10.1016/j.compag.2018.12.011.
- [20] S. Abaya, L. De Vega, J. Garcia, M. Maniaul, dan C. A. Redondo, "A self-activating irrigation technology designed for a smart and futuristic farming," *2017 Int. Conf. Circuits, Devices Syst. ICCDS 2017*, vol. 2017-Janua, hlm. 189–194, 2017, doi: 10.1109/ICCD.2017.8120476.
- [21] BPPSDMP, "Pemanfaatan Teknologi Drone untuk Bertani," *Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian Kementerian Pertanian*, 2018. http://bppsdmp.pertanian.go.id/blog/post/Pemanfaatan_Teknologi_Drone_untuk_Bertani (diakses Mar 19, 2020).
- [22] K. Hariyanto dan D. W. Santoso, "Pengembangan Sistem Penyemprotan pada Platform Pesawat Tanpa Awak Berbasis Quadcopter untuk Membantu Petani Mengurangi Biaya Pertanian dalam Mendorong Konsep Pertanian Pintar (Smart Farming)," *J. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 1, hlm. 87–97, 2017, doi: 10.22146/jntt.35168.

- [23] V. Lohchab, M. Kumar, G. Suryan, V. Gautam, dan R. K. Das, "A Review of IoT based Smart Farm Monitoring," *Proc. Int. Conf. Inven. Commun. Comput. Technol. ICICCT 2018*, no. Icticct, hlm. 1620–1625, 2018, doi: 10.1109/ICICCT.2018.8473337.
- [24] A. Goap, D. Sharma, A. K. Shukla, dan C. Rama Krishna, "An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 155, no. May, hlm. 41–49, 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.09.040.