

© Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Karya ini berada di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional
DOI: 10.22146/jnteti.v13i1.8564

Pemantauan dan Pengendalian Parameter *Greenhouse* Berbasis IoT Dengan Protokol MQTT

Eni Dwi Wardihani¹, Eka Ulia Sari¹, Helmy¹, Ari Sriyanto Nugroho¹, Yusnan Badruzzaman¹, Arif Nursyahid¹, Thomas Agung Setyawan¹, Media Fitri Isma Nugraha²

¹ Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

² Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, Indonesia

[Diserahkan: 1 Agustus 2023, Direvisi: 29 September 2023, Diterima: 13 Desember 2023]

Penulis Korespondensi: Helmy (email: helmy@polines.ac.id)

INTISARI — Modernisasi pada sektor pertanian diharapkan berpengaruh pada peningkatan kualitas, jumlah produksi, dan kontinuitas suplai hasil tani. Saat ini banyak dikembangkan pertanian cerdas (*smart agriculture*) dalam *greenhouse*. Namun, beberapa parameter *greenhouse* harus diperhatikan supaya pertumbuhan tanaman berlangsung secara optimal. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem pemantauan dan pengendalian beberapa parameter *greenhouse* berbasis *internet of things* (IoT) yang memungkinkan petani melakukan pemantauan dan pengendalian kapan pun dan di mana pun. Hal ini juga dapat meningkatkan efisiensi kerja petani dalam melakukan pemantauan dan pengendalian, terlebih jika *greenhouse* yang dipantau dan dikendalikan lebih dari satu. Data-data hasil pemantauan *greenhouse* dapat dilihat secara *real-time* dan tersimpan di server, sehingga memudahkan petani melakukan evaluasi terhadap *greenhouse* dan tanaman. Beberapa parameter yang dipantau adalah suhu *greenhouse*, kelembapan *greenhouse*, dan intensitas cahaya dalam *greenhouse*, sedangkan parameter yang dikendalikan adalah suhu *greenhouse* dan kelembapan *greenhouse*, dengan menggunakan *exhaust fan*. Proses pengiriman data pemantauan dan pengendalian parameter *greenhouse* dilakukan menggunakan protokol *message queue telemetry transport* (MQTT). Pengujian *data loss* dan *delay* pada sistem diperlukan untuk mengetahui keandalan alat dalam proses pengiriman dan penerimaan data. Hasil pengujian *quality of service* (QoS) adalah sebagai berikut: rata-rata *data loss* pemantauan Gateway-Server sebesar 10,6 %, rata-rata *delay* pemantauan gateway-server sebesar 1,9 s, dan rata-rata *delay* pengendalian server-gateway sebesar 7,1 s. Saat nilai parameter suhu *greenhouse* kurang dari batas ambang maksimal yang ditentukan, sistem akan menyalakan *drum fan* agar suhu mencapai nilai minimal pada batas ambang.

KATA KUNCI — MQTT, IoT, *Greenhouse*, QoS.

I. PENDAHULUAN

Seiring berlakunya pasar bebas atau globalisasi, arus barang termasuk produk pertanian, seperti bahan pangan pokok, akan semakin bebas dan mudah memasuki wilayah Indonesia. Hal ini menjadi potensi ancaman bagi petani lokal dan berpotensi menimbulkan ketergantungan pangan kepada produk asing [1]. Pemerintah telah melakukan beberapa langkah untuk mengantisipasi efek globalisasi, salah satunya dengan efisiensi usaha tani melalui modernisasi pertanian dengan memanfaatkan teknologi pertanian modern 4.0. Adanya modernisasi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas, jumlah produksi, dan kontinuitas suplai pangan, sehingga ketahanan pangan nasional dapat terwujud [1]. Salah satu fokus kebijakan ketahanan pangan melalui peningkatan kapasitas produksi pangan adalah peningkatan inovasi dengan keterlibatan pihak swasta melalui penelitian dan pengembangan di bidang pertanian dan memfasilitasi importasi teknologi pertanian modern [2].

Untuk mewujudkan ketahanan pangan, saat ini banyak dikembangkan pertanian cerdas (*smart agriculture*) dalam *greenhouse* yang memungkinkan petani mengatur parameter yang dibutuhkan tanaman agar dapat tumbuh optimal serta lebih efisien dalam pengelolaannya [3]. Salah satu contoh penerapan pertanian cerdas adalah sistem budidaya hidroponik tipe *nutrient film technique* (NFT) berbasis *internet of things* (IoT). Hidroponik tipe NFT ini merupakan sebuah sistem hidroponik yang memanfaatkan kemiringan saluran pada aliran air yang mengandung nutrisi untuk tanaman. Sistem NFT dirancang menggunakan saluran air dengan kemiringan,

panjang saluran, serta laju aliran air yang tepat [4]. Keuntungan sistem NFT adalah akar tanaman terkena cukup pasokan nutrisi, oksigen, dan pasokan air. Sistem ini menghemat penggunaan air karena lapisan air yang mengalir pada sistem ini sangat tipis seperti film, dengan ketebalan sekitar 3 mm [5]. Selain itu, volume larutan hara yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan kultur air lainnya, suhu di sekitar perakaran tanaman lebih mudah diatur, hama dan penyakit lebih mudah dikendalikan, kepadatan tanaman per unit area lebih tinggi, dan hasil tanaman lebih bersih karena tidak ada sisa tanah atau media lainnya [6]. Di sisi lain, kerugian sistem NFT adalah ketergantungannya terhadap pompa air karena harus terus menyala selama proses pertumbuhan [7].

Dengan teknologi masa kini yang memungkinkan semua benda dapat dikendalikan secara manual maupun otomatis menggunakan perangkat tambahan seperti *smartphone*, konsep pengendalian secara nirkabel (*wireless*) dapat diterapkan pada sistem pertanian, baik pertanian konvensional (media tanah) maupun pertanian hidroponik [8]. Dalam teknologi IoT, semua aktivitas yang dilakukan oleh manusia dapat dikendalikan melalui jaringan internet. Adanya peran IoT dalam budidaya *greenhouse* NFT ini sangat membantu meringankan pekerjaan para petani, terutama untuk pengendalian *greenhouse* tanpa mengeluarkan banyak tenaga. Penerapan teknologi IoT dapat membantu sistem untuk secara tepat melakukan pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik sesuai dengan waktu yang ditentukan serta mengirimkan data secara akurat dan *real-time* melalui internet dan menampilkannya pada aplikasi web yang dapat diakses dari mana saja [9]. Tak hanya itu, sistem

pemantauan dan pengendalian *greenhouse* berbasis IoT ini juga berguna bagi masyarakat perkotaan. Masyarakat di daerah perkotaan yang ingin mengimplementasikan metode hidroponik dalam bercocok tanam memiliki kendala dalam pengendalian dan pemantauan kondisi tanaman. Penduduk di daerah perkotaan cenderung memiliki kegiatan yang padat, sehingga tidak memiliki banyak waktu untuk memantau perkembangan tanaman hidroponik secara langsung [5].

Penerapan IoT memungkinkan petani untuk melakukan pemantauan dan pengendalian parameter sistem hidroponik kapan pun dan di mana pun. Parameter lingkungan sangat memengaruhi tumbuh kembang tanaman dan keberhasilan sistem hidroponik [10]. Pemantauan parameter secara berkala dan penyesuaian dengan keadaan normal atau ideal akan membantu keberhasilan panen. Di antara parameter pendukung keberhasilan panen adalah suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Suhu ideal untuk metode penanaman hidroponik adalah sekitar 25 °C - 28 °C [11], sedangkan intensitas cahaya ideal berkisar antara 2.000-3.000 fc. Luasnya *greenhouse* dan keterbatasan petani dalam melakukan pemantauan setiap waktu menjadi salah satu kendala dalam keberhasilan panen. Pemantauan yang dilakukan secara manual menggunakan alat ukur oleh petani sangatlah tidak efektif. Ditambah lagi apabila *greenhouse* yang perlu dipantau lebih dari satu, sehingga sangat menguras waktu serta tenaga petani. Penambahan perangkat otomatisasi diharapkan dapat mengurangi jumlah waktu petani dalam melakukan perawatan tanaman secara langsung serta mengurangi kekhawatiran ketika petani sedang pergi untuk jangka waktu yang lama [3].

Beberapa penelitian mengenai pemantauan berbasis IoT sudah dilakukan sebelumnya. Sebuah penelitian melakukan pemantauan kondisi lingkungan dengan sistem *multihop wireless sensor network* menggunakan platform IoT NodeMCU yang memiliki modul WiFi ESP8266. Topologi yang digunakan adalah *bus* dan *tree* [12]. Penelitian lain merancang prototipe sistem pemantauan kualitas air dan tanah pertanian menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan modul ESP8266 sebagai penghubung *node* sensor ke jaringan. Pertukaran data antar-*node* sensor menggunakan sistem *peer-to-peer* [13]. Pemantauan kondisi tanah menggunakan jaringan sensor nirkabel (JSN) dan sensor berbasis IoT juga telah dilakukan. Parameter yang dipantau adalah suhu dan kelembapan tanah, sedangkan parameter yang dikendalikan adalah level dan suhu air [14]. Pemantauan suhu dan kelembapan ruang dilakukan menggunakan sensor SHT11 dan mikrokontroler *node* CM5000 skala lab. Nilai kelembapan yang dibaca dalam bentuk analog dikonversi menjadi kelembapan nyata dalam bentuk persentase [15].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa penelitian terdahulu hanya memantau dan mengendalikan satu *greenhouse* dan belum menyertakan pengujian *delay*, *data loss*, dan *receive signal strength indicator* (RSSI). Petani juga dapat melakukan pemantauan dan pengendalian kapan saja dan di mana saja dengan menggunakan aplikasi. Sistem pengiriman data yang digunakan adalah topologi *star (point-to-point)* dengan protokol *message queue telemetry transport* (MQTT) berbasis IoT. Petani dapat memantau parameter *greenhouse*, seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan, serta mengendalikan suhu *greenhouse* menggunakan *drum fan*.

Makalah ini disusun menjadi empat bagian. Bagian I berisi pendahuluan, sedangkan Bagian II membahas mengenai desain

IoT *greenhouse*. Hasil dan pembahasan dijelaskan pada bagian III dan yang terakhir, Bagian IV, berisi kesimpulan.

II. DESAIN IOT GREENHOUSE

Sistem pemantauan dan pengendalian *greenhouse* yang dibuat terdiri atas dua panel, yaitu *node* dan *gateway*. Terdapat dua buah *greenhouse*, yang terletak di depan dan di belakang, serta panel IoT dan panel kontraktor. Panel IoT dan panel kontraktor terletak di antara *greenhouse* 1 dan *greenhouse* 2.

Di dalam *greenhouse* 1 dan *greenhouse* 2 hanya terdapat enam *blower* besar. *Node-node* tersebar di *greenhouse* 1 (tujuh buah *node*) dan *greenhouse* 2 (tujuh buah *node*), dengan perhitungan tertentu. Jika *node* terletak terlalu dekat, hasil perhitungan sensor akan sama, sehingga dianggap kurang efektif. Di dalam *node* terdapat dua buah sensor, yaitu sensor suhu sekaligus kelembapan serta sensor cahaya.

A. DESAIN SISTEM PEMANTAUAN

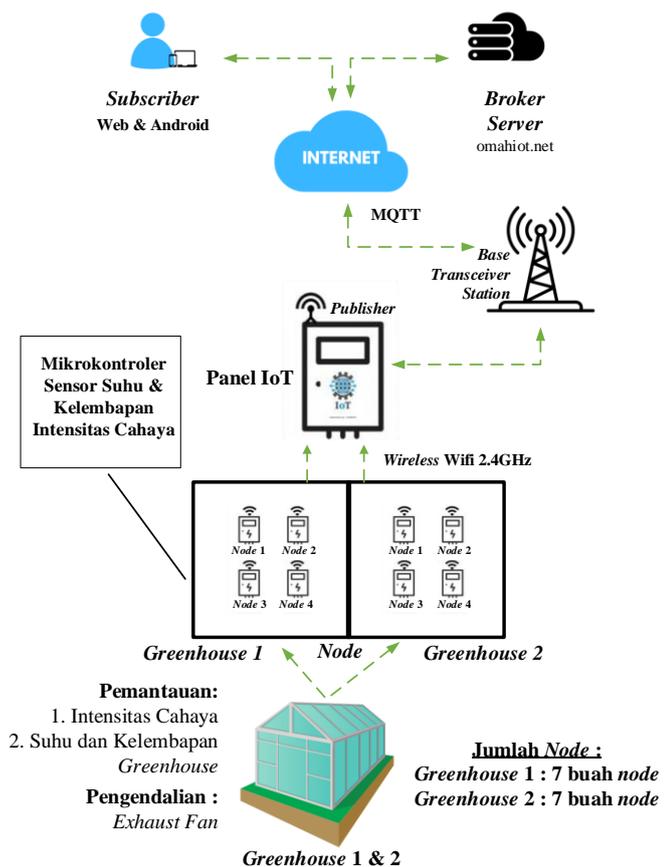
Parameter yang dipantau dalam sistem pemantauan ini adalah suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya dalam *greenhouse*. Sensor suhu dan kelembapan digunakan untuk mengukur suhu serta kelembapan di dalam *greenhouse*, sedangkan sensor cahaya akan mengukur intensitas cahaya yang masuk ke dalam *greenhouse*. Parameter yang dikendalikan adalah kelembapan ruang *greenhouse*.

Terdapat dua *greenhouse* yang di dalamnya tersebar beberapa *node* yang diletakkan di beberapa sudut ruang *greenhouse*, seperti telah disebutkan di atas. Jumlah *node* yang tersebar di dalam kedua *greenhouse* tersebut adalah 14 *node*. Tujuh buah *node* berada di *greenhouse* 1 dan tujuh buah *node* lagi berada di *greenhouse* 2. Di dalam satu *node* terdapat mikrokontroler Wemos D1, sensor suhu dan kelembapan, serta sensor cahaya. *Node-node* tersebut akan mengukur suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya pada *greenhouse* di sudut-sudut yang berbeda. Makin banyak *node* yang tersebar, makin bagus nilai akurasi parameter yang didapatkan. Parameter tersebut dikirimkan ke panel IoT melalui jaringan WiFi 2,4 GHz. Gambar 1 menunjukkan arsitektur sistem pemantauan yang dirancang.

Panel IoT digunakan untuk menampilkan data parameter pemantauan *greenhouse* pada panel LCD dan menampilkan waktu. Pada panel IoT terdapat mikrokontroler ESP32 SIM800L untuk menerima data dari *node* sensor. Pengaturan dapat dilakukan secara langsung melalui panel IoT atau melalui aplikasi berbasis Android dan web. Data pemantauan parameter *greenhouse* dikirimkan ke server omahiot.net, yang merupakan server milik pribadi. Data yang diterima server dapat diakses oleh pengelola melalui *website* dan aplikasi berbasis Android. Sementara itu, panel kontraktor digunakan untuk menempatkan *solid state relay* untuk sistem pengendalian *greenhouse*.

Terdapat dua panel, yaitu panel *node* dan panel *gateway*. Panel *node* tersusun dari mikrokontroler Wemos D1 yang terhubung dengan sensor SHT10 dan sensor BH1750. Panel *gateway* tersusun dari mikrokontroler ESP32 SIM800L, yang terhubung dengan penampil LCD dan *real time clock* (RTC). Wemos D1 dan ESP32 SIM800L terhubung menggunakan Wi-Fi 2,4 GHz. Pengiriman data sensor dilakukan menggunakan protokol MQTT, sedangkan penyimpanan data dilakukan menggunakan *virtual private server* (VPS), yaitu omahiot.net.

Sistem pemantauan pada *gateway* dimulai dengan ESP32 SIM800L GPRS terhubung ke internet. Setelah itu, ESP32 SIM800L menerima data dari *node* sensor. Data yang diterima perangkat *gateway* lalu dikirim ke server VPS (omahiot.net)



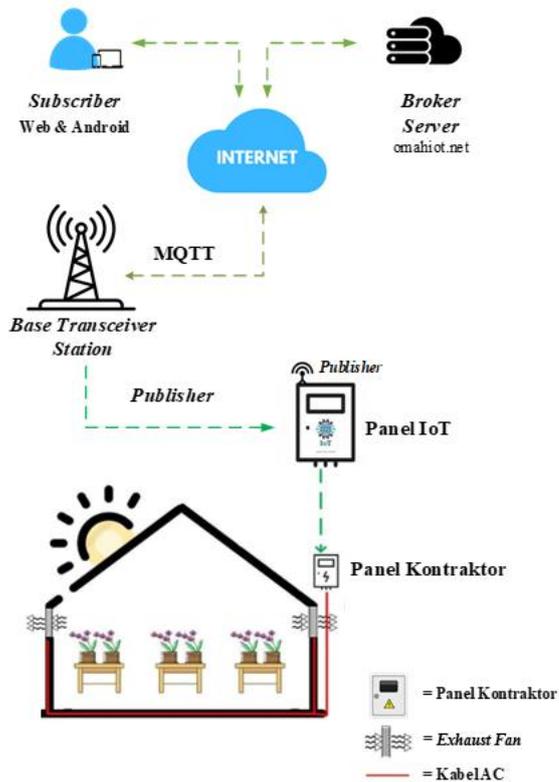
Gambar 1. Arsitektur sistem pemantauan.

menggunakan MQTT. Data yang diterima juga dirata-rata untuk ditampilkan di LCD. Data-data tersebut meliputi suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya ruangan *greenhouse*. Perangkat *node* adalah perangkat keras yang dirancang untuk dapat melakukan pembacaan kelembapan udara, suhu udara, dan intensitas cahaya serta melakukan pengiriman data hasil pembacaan sensor dalam *greenhouse* ke *gateway*/panel IoT.

B. DESAIN SISTEM PENGENDALIAN

Arsitektur sistem pengendalian ditunjukkan pada Gambar 2. Proses pengendalian dilakukan jika suhu udara di dalam *greenhouse* kurang dari batas ambang minimal, yaitu 16 °C.

Saat suhu yang terukur pada *greenhouse* berada di atas ambang maksimal, sistem mengaktifkan relai yang terhubung dengan *drum fan*. Server akan mengirimkan data pemantauan suhu dan kelembapan ke panel IoT yang berada di *greenhouse 1* dan *greenhouse 2*. Panel IoT pada kedua *greenhouse* akan memproses data dan memberi perintah kepada *drum fan*. Kemudian, *drum fan* pada kedua *greenhouse* akan mengeksekusi perintah tersebut, sehingga menyala dan mengisap udara dari dalam *greenhouse* ke luar. Sistem pengendalian suhu dilakukan untuk mengatur suhu di dalam *greenhouse* agar tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin. Ketika pengguna mengatur nilai batas ambang, ESP32 SIM800L mengambil nilai batas ambang di server. Setelah nilai batas ambang diterima, ESP32 SIM800L membandingkan nilai pembacaan sensor suhu dengan batas ambang. Apabila nilai suhu kurang dari batas ambang, ESP32 SIM800L akan mengirimkan perintah kepada relai untuk menyalakan panel kontaktor [16]. Nilai batas ambang memiliki nilai minimal dan maksimal. Nilai minimal yaitu nilai batas ambang yang kurang dari suhu *greenhouse*, sedangkan nilai maksimal yaitu nilai batas ambang yang lebih dari suhu *greenhouse*. *Drum fan* akan



Gambar 2. Arsitektur sistem pengendalian.

menyala ketika suhu mencapai batas ambang minimal dan akan mati ketika batas ambang memenuhi nilai maksimal.

Sistem pengendalian di perangkat *gateway* dimulai dengan ESP32 SIM800L GPRS terhubung dengan internet. Kemudian, perangkat *gateway* mengambil data dari server, dalam format JSON [17]. Setelah berhasil mengambil data, perangkat *gateway* akan membandingkan data yang dibutuhkan, yaitu data batas ambang suhu dengan suhu *greenhouse*. Jika data tidak berhasil diambil, proses pengambilan data akan diulang. Dari hasil perbandingan, jika suhu *greenhouse* kurang dari data batas ambang, perangkat *gateway* memberikan perintah ke panel kontaktor untuk mengaktifkan *drum fan*. Sebaliknya, jika suhu *greenhouse* lebih dari data batas ambang, proses selesai.

C. DESAIN PENGUJIAN

Pengujian dilakukan agar kinerja sistem dapat diketahui, yaitu sistem telah berjalan dengan baik atau belum. Pengujian dilakukan baik pada sistem pemantauan maupun sistem pengendalian [18]. Pengujian sistem pemantauan dalam MQTT meliputi pengujian *quality of service* (QoS) berupa *delay* dan *data loss* untuk mengetahui keandalan alat yang digunakan, sedangkan pengujian sistem pengendalian meliputi pengujian *delay* dari server menuju *gateway*.

1) PENGUJIAN DELAY SISTEM PEMANTAUAN

Pengujian *delay* ini dilakukan dengan mengacu pada RTC. Perhitungan *delay* diperoleh dari selisih antara waktu data diterima dengan waktu data dikirimkan oleh suatu perangkat. Pengujian *delay* dilakukan untuk mengevaluasi waktu yang dibutuhkan oleh alat dalam menggunakan MQTT untuk mengirim dan menerima data. Standar ETSI 1999-2006 digunakan sebagai acuan evaluasi sistem [19]. Pengujian *delay* pemantauan ini dilakukan dari *gateway* ke server.

2) PENGUJIAN DATA LOSS SISTEM PEMANTAUAN

Pengujian *data loss* sistem pemantauan menggunakan MQTT dilakukan pada saat pengiriman dari *gateway* menuju

TABEL I
HASIL PENGUJIAN DELAY SISTEM PEMANTAUAN

Waktu (WIB)	Jumlah data	Rata-Rata Delay Gateway-Server (s)
00.00-00.01	1.187	1,7
01.00-02.00	1.680	1,6
02.00-03.00	1.221	1,7
03.00-04.00	1.486	1,8
04.00-05.00	1.532	1,8
05.00-06.00	1.680	1,9
06.00-07.00	3.214	1,8
07.00-08.00	1.680	1,9
08.00-09.00	1.632	2,0
09.00-10.00	1.641	1,8
10.00-11.00	1.681	2,1
11.00-12.00	1.618	1,8
12.00-13.00	322	1,7
13.00-14.00	613	1,9
14.00-15.00	1.667	1,9
15.00-16.00	1.622	2,1
16.00-17.00	1.682	2,1
17.00-18.00	1.627	2,0
18.00-19.00	1.680	1,9
19.00-20.00	1.629	2,0
20.00-21.00	1.682	2,3
21.00-22.00	1.512	2,3
22.00-23.00	1.577	2,1
23.00-00.00	1.681	1,8
Rata-rata keseluruhan delay		1,9

TABEL II
HASIL PENGUJIAN DATA LOSS SISTEM PEMANTAUAN

Waktu (WIB)	Data Dikirim (Gateway)	Data Diterima (Gateway-Server)	Data Loss (%)
00.00-00.01	1.680	1.187	29,0
01.00-02.00	1.680	1.680	0,0
02.00-03.00	1.680	1.221	27,0
03.00-04.00	1.680	1.486	11,0
04.00-05.00	1.680	1.532	8,0
05.00-06.00	1.680	1.680	0,0
06.00-07.00	1.680	1.534	8,0
07.00-08.00	1.680	1.680	0,0
08.00-09.00	1.680	1.632	2,0
09.00-10.00	1.680	1.641	2,0
10.00-11.00	1.680	1.681	0,0
11.00-12.00	1.680	1.618	3,0
12.00-13.00	1.680	322	80,0
13.00-14.00	1.680	613	63,0
14.00-15.00	1.680	1.667	0,7
15.00-16.00	1.680	1.622	1,0
16.00-17.00	1.680	1.682	0,0
17.00-18.00	1.680	1.627	3,0
18.00-19.00	1.680	1.680	0,0
19.00-20.00	1.680	1.629	3,0
20.00-21.00	1.680	1.682	0,0
21.00-22.00	1.680	1.512	10,0
22.00-23.00	1.680	1.577	6,0
23.00-00.00	1.680	1.681	0,0
Rata-rata keseluruhan data loss			10,6

server. *Data loss* yang diuji adalah data yang akan dikirimkan ke server dari *node*. Data-data tersebut meliputi data kelembapan tanah, suhu dan kelembapan *greenhouse*, serta intensitas cahaya.

3) PENGUJIAN DELAY SISTEM PENGENDALIAN

Pengujian *delay* dilakukan dengan mengacu pada RTC. Nilai *delay* diperoleh dengan menghitung selisih antara waktu ketika suhu diatur di server dengan waktu *gateway* mendapatkan batas ambang suhu *greenhouse*. Pengujian *delay* dilakukan untuk mengevaluasi waktu yang dibutuhkan oleh alat dalam mengirim dan menerima data, dengan acuan nilai RSSI [20]. Pengujian *delay* dilakukan ketika mengatur nilai batas ambang yang selanjutnya dikirimkan ke server. Standar ETSI 1999-2006 digunakan sebagai acuan evaluasi sistem.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENGUJIAN DELAY SISTEM PEMANTAUAN

Pengujian *delay* pada sistem pemantauan *gateway-server* dilakukan untuk mengetahui selisih waktu ketika data dikirimkan oleh *gateway* dengan waktu ketika data diterima oleh server. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil data satu jam sekali selama 24 jam.

Tabel I menunjukkan hasil pengujian *delay gateway-server*. Dari pengujian selama 24 jam tersebut didapatkan rata-rata *delay* sebesar 1,9 s. Nilai tersebut termasuk pada kategori *delay* yang bagus menurut ETSI 1999. Untuk mengetahui jumlah data dan rata-rata *delay* pada server, digunakan perintah `SELECT AVG((SELECT TIMEDIFF('server_time', 'waktu') WHERE 'server_time' BETWEEN '2022-03-25 17:00:00' AND '2022-03-25 18:00:00')) AS 'rata-rata', COUNT('node') AS 'jumlah' FROM 'parameter_greenhouse' WHERE 'server_time' BETWEEN '2022-03-25 17:00:00' AND '2022-`

03-25 18:00:00'. Penulisan perintah disesuaikan dengan hari dan waktu yang dibutuhkan.

B. HASIL PENGUJIAN DATA LOSS SISTEM PEMANTAUAN

Pengujian *data loss* dilakukan untuk mengetahui persentase perbandingan data yang diterima oleh server dengan data yang dikirim oleh *gateway*. Pengujian dilakukan selama 24 jam dengan pengambilan data dilakukan satu jam sekali. Tabel II menunjukkan hasil pengujian *data loss gateway-server*. Jumlah data yang dikirim dari *gateway* dihitung secara manual melalui *node* yang mengirimkan satu data per 30 s ke *gateway*. Data yang diperoleh yaitu data yang dikirim oleh *node* ke *gateway* dan langsung dikirimkan ke server.

Dengan pengiriman satu data tiap 30 s dan jumlah *node* sebanyak 14, maka dalam satu jam terdapat 1.680 data. Jumlah data yang diterima di server dapat diketahui melalui omahiot.net pada tabel parameter *greenhouse*. Menggunakan perintah `SELECT COUNT('node') FROM 'parameter_greenhouse' WHERE 'server_time' BETWEEN '2022-03-25 17:00:00' AND '2022-03-25 18:00:00'`, akan muncul jumlah data yang diterima, yaitu 1.680 data. Penulisan perintah di atas disesuaikan dengan waktu dan tanggal yang dibutuhkan.

C. HASIL PENGUJIAN DELAY SISTEM PENGENDALIAN SERVER-GATEWAY

Pengujian *delay* sistem pengendalian server-*gateway* dilakukan untuk mengetahui selisih waktu saat petani mengatur batas ambang di server melalui aplikasi dengan waktu saat *gateway* menerima data batas ambang dari *greenhouse*. *Delay* dihitung secara manual. Panel *gateway* menampilkan suhu

TABEL III
HASIL PENGUJIAN DELAY SISTEM PENGENDALIAN SERVER-GATEWAY

No	Data Sensor (°C)	Batas Ambang (°C)		Delay Server-Gateway (s)	RSSI	Kondisi (ON/OFF)
		Min	Max			
1	24	16	18	1	14	ON
2	24	16	20	14	13	ON
3	24	17	31	2	17	ON
4	24	17	32	17	17	ON
5	24	18	26	3	17	ON
6	24	18	30	5	15	ON
7	24	20	21	2	16	ON
8	24	20	22	2	14	ON
9	24	20	24	14	16	ON
10	24	22	24	12	16	ON
11	24	24	26	1	17	OFF
12	24	24	27	16	13	OFF
13	24	25	26	2	16	OFF
14	24	25	30	2	17	OFF
15	24	26	28	6	17	OFF
16	24	27	30	2	14	OFF
17	24	28	29	17	17	OFF
18	24	28	31	2	17	OFF
19	24	29	30	6	15	OFF
20	24	30	31	13	13	OFF
21	24	30	32	11	17	OFF
Rata-rata keseluruhan delay (s)				7,1		

tertinggi saat akan menyala dan menampilkan suhu terendah saat akan mati.

Delay server-gateway terbesar adalah 17 s, yang terjadi saat batas ambang bernilai 17 °C untuk suhu terendah hingga 32 °C untuk suhu tertinggi dengan kondisi ON dan pembacaan sensor SHT 30 bernilai 24 °C serta nilai RSSI sebesar 17. Selain itu, delay server-gateway terbesar, yaitu 17 s, juga terjadi pada saat batas ambang bernilai 28 °C (suhu terendah) hingga 29 °C (suhu tertinggi) dengan kondisi OFF dan pembacaan sensor SHT 30 senilai 24 °C serta nilai RSSI sebesar 17. Sementara itu, delay server-gateway terendah adalah 1 s, yang terjadi saat batas ambang bernilai 16 °C (suhu terendah) hingga 18 °C (suhu tertinggi) dengan kondisi ON dan pembacaan sensor SHT 30 senilai 24 °C dengan nilai RSSI sebesar 14. Delay server-gateway terendah sebesar 1 s juga terjadi saat batas ambang bernilai 24 °C (suhu terendah) hingga 26 °C (suhu tertinggi) dengan kondisi OFF dan pembacaan sensor SHT 30 sebesar 24 °C serta nilai RSSI senilai 17.

Tabel III menunjukkan bahwa delay sistem pengendalian pada saat petani memberi batas ambang pada server melalui situs web sampai ke gateway memiliki rata-rata sebesar 7,1 s. Nilai rata-rata delay tersebut termasuk kategori delay yang buruk menurut ETSI 1999. Proses pengendalian memerlukan waktu yang lama karena proses GET melalui jaringan GPRS tidak mudah untuk terhubung ke internet. Selain itu, delay juga dipengaruhi oleh lamanya pembacaan program data sensor lainnya.

D. DISKUSI

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk membantu meringankan pekerjaan para pekerja di sektor pertanian. Adanya campur tangan teknologi dalam pertanian ini cukup membantu meringankan pekerjaan petani. Hal tersebut terlihat dalam penelitian ini, yaitu pemantauan dan pengendalian

greenhouse dengan hasil rata-rata data loss pemantauan gateway-server sebesar 10,6%, rata-rata delay pemantauan gateway-server sebesar 1,9 s, dan rata-rata delay pengendalian server-gateway sebesar 7,1 s. Di sisi lain, parameter pendukung keberhasilan panen, yaitu suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya, juga diperhatikan. Suhu ideal untuk metode penanaman hidroponik adalah sekitar 25 °C - 28 °C, sedangkan intensitas cahaya berkisar antara 2.000-3.000 fc. Hasil yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa pemantauan dan pengendalian yang dilakukan memberi manfaat yang cukup besar bagi greenhouse dan hasil panennya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Sistem pemantauan dan pengendalian parameter greenhouse berbasis IoT sudah berhasil dikembangkan dan berjalan dengan baik. Hasil pengujian QoS adalah sebagai berikut. Rata-rata data loss pemantauan gateway-server sebesar 10,6%, rata-rata delay pemantauan gateway-server sebesar 1,9 s, dan rata-rata delay pengendalian server-gateway sebesar 7,1 s. Saat parameter suhu greenhouse kurang dari batas ambang maksimal yang ditentukan, sistem akan menyalakan drum fan sampai suhu mencapai nilai minimal pada batas ambang.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tim penulis menyatakan bahwa artikel yang berjudul "Pemantauan dan Pengendalian Parameter Greenhouse Berbasis IoT dengan Protokol MQTT" ditulis dengan bebas dari konflik kepentingan.

KONTRIBUSI PENULIS

Konseptualisasi, Eni Dwi Wardihani dan Eka Ulia Sari; metodologi, Eni Dwi Wardihani dan Eka Ulia Sari; perangkat lunak, Helmy; validasi, Ari Sriyanto Nugroho; kurasi data, Yusnan Badruzzaman; penulisan—penyusunan draf asli, Eka Ulia Sari; penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Arif Nursyahid; visualisasi, Thomas Agung Setyawan; akuisisi pendanaan, Media Fitri Isma Nugraha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM).

REFERENSI

- [1] Amam dan S. Rusdiana, "Pertanian Indonesia dalam menghadapi persaingan pasar bebas," *J. Agriovet*, vol. 4, no. 1, hal. 37–68, Okt. 2021, doi: 10.51158/agriovet.v4i1.506.
- [2] A.R. Salasa, "Paradigma dan dimensi strategi ketahanan pangan Indonesia," *Jejaring Admin. Publik*, vol. 13, no. 1, hal. 35–48, Sep. 2021, doi: 10.20473/jap.v13i1.29357.
- [3] A. Musthafa, S.N. Utama, dan T. Harmini, "Sistem kontrol suhu ruangan dan penyiraman tanaman bawang merah pada greenhouse dengan smartphone," *Multitek Indones. J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, hal. 95–103, Des. 2018, doi: 10.24269/mtkind.v12i2.1254.
- [4] N.D. Setiawan, "Otomasi pencampur nutrisi hidroponik sistem NTF (nutrient film technique) berbasis Arduino Mega 2560," *J. Tek. Inform. Unika St. Thomas (JTIUST)*, vol. 3, no. 2, hal. 78–82, Des. 2018, doi: 10.17605/jti.v3i2.292.
- [5] Helmy dkk., "Pemantauan dan pengendalian kepekatan larutan nutrisi hidroponik berbasis jaringan sensor nirkabel," *J. Nas. Tek. Elekt. Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 4, hal. 391–396, Nov. 2018, doi: 10.22146/jnteti.v7i4.456.
- [6] L. Rahmawati, H. Iswahyudi, dan B. Alexander, "Penerapan hidroponik sistem nutrient film technique (NFT) di Politeknik Hasnur," *Agrisains. J. Budid. Tanam. Perkeb.*, vol. 6, no. 1, hal. 8–12, Jun. 2020, doi: 10.46365/agrs.v6i01.371.

- [7] M.A.K. Parikesit dkk., "Otomatisasi sistem irigasi dan pemberian kadar nutrisi berdasarkan nilai total dissolve solid (TDS) pada hidroponik nutrient film technique (NFT)," *Widya Tek.*, vol. 17, no. 2, hal. 70-78, Nov. 2018, doi: 10.33508/wt.v17i2.1964.
- [8] A.D. Purwanto, F. Supegina, dan T.M. Kadarina, "Sistem kontrol dan monitor suplai nutrisi hidroponik sistem deep flow technique (DFT) berbasis Arduino NodeMCU dan aplikasi Android," *J. Teknol. Elekt.*, vol. 10, no. 3, hal. 152-158, Sep. 2019, doi: 10.22441/jte.v10i3.002.
- [9] M.A.J. Hidayat dan A.Z. Amrullah, "Sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik berbasis internet of things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP32," *J. Saintekom, Sains Teknol. Komput. Manaje.*, vol. 12, no. 1, hal. 23-32, Mar. 2022, doi: 10.33020/saintekom.v12i1.223.
- [10] William, H. Suharto, dan H. Tanudjaja, "Sistem pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan pertumbuhan pada tanaman hidroponik," *TESLA, J. Tek. Elekt.*, vol. 18, no. 2, hal. 188-207, Okt. 2016, doi: 10.24912/tesla.v18i2.305.
- [11] M.J.D. Firdausyah, P.W. Rusimamto, B. Suprianto, dan Endryansyah, "Sistem pengendali suhu air nutrisi pada hidroponik NFT (nutrient film technique) berbasis PID controller," *J. Tek. Elekt.*, vol. 11, no. 1, hal. 117-125, Jan. 2022, doi: 10.26740/jte.v11n1.p117-125.
- [12] R. Susana, F. Hadiatna, dan A. Gusmantini, "Sistem multihop jaringan sensor nirkabel pada media transmisi Wi-Fi," *Elkomika, J. Tek. Energi Elekt. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 1, hal. 232-248, Jan. 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i1.232.
- [13] U. Syafiqoh, Sunardi, dan A. Yudhana, "Pengembangan wireless sensor network berbasis internet of things untuk sistem pemantauan kualitas air dan tanah pertanian," *J. Inform., J. Pengemb. IT*, vol. 3, no. 2, hal. 285-289, Mei 2018, doi: 10.30591/jpit.v3i2.878.
- [14] T.M. Bandara, W. Mudiyansele, dan M. Raza, "Smart farm and monitoring system for measuring the environmental condition using wireless sensor network - IoT technology in farming," *2020 5th Int. Conf. Innov. Technol. Intell. Syst. Ind. Appl. (CITISIA)*, 2020, hal. 1-7, doi: 10.1109/CITISIA50690.2020.9371830.
- [15] A. Omairi dan Z.H. Ismail, "Low power wireless temperature and humidity sensing based on CM5000 node and SHT11 sensor," *2016 IEEE Int. Conf. Underw. Syst. Technol., Theory Appl. (USYS)*, 2016, hal. 183-187, doi: 10.1109/USYS.2016.7893907.
- [16] I.G.S. Sudaryana, "Pemanfaatan relai tunda waktu dan kontaktor pada panel hubung bagi (PHB) untuk praktek penghasutan starting motor star delta," *J. Pendidik. Teknol. Kejur.*, vol. 12, no. 2, hal. 97-108, Jul. 2015, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v12i2.6478.
- [17] B. Smith, *Beginning JSON*. Berkeley, CA, USA: Apress Berkeley, 2015.
- [18] *Evaluation of Measurement Data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, JCGM 100:2008, Sep. 2008. [Online]. Available: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6
- [19] "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)," ETSI, Valbonne, France, TR 101 329 V2.1.1 (1999-06), 1999. [Online]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101300_101399/101329/02.01.01_60/tr_101329v020101p.pdf
- [20] J. Bardwell. *Converting Signal Strength Percentage to dBm Values WildPackets*. (2002). [Online]. Available: https://d2cpnw0u24fjm4.cloudfront.net/wp-content/uploads/Converting_Signal_Strength.pdf