

PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA DAN SISTEM MONITORING PARAMETER LINGKUNGAN DENGAN PROTOKOL MQTT PADA SMART GREENHOUSE

Hanif Ruhul Jihad ^{*)}, Aghus Sofwan dan Sumardi

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail: hanifruhuljihad@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris terbesar di dunia. Hal ini menyebabkan banyaknya metode-metode pertanian yang dikembangkan untuk menghasilkan produk yang optimal. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *greenhouse*. Saat ini, umumnya pengaturan kondisi di dalam *greenhouse* masih menggunakan metode manual seperti pengukuran suhu ruangan menggunakan termometer, pengukuran kelembaban udara dengan higrometer, dan pengukuran kelembaban tanah dan pH tanah dengan soil pH *moisture* meter. Maka dari itu diperlukan adanya upaya pengembangan pada *greenhouse* agar dapat menjaga kondisi lingkungan tanpa harus menggunakan bantuan tangan manusia secara langsung. Sistem terintegrasi yang kami rancang ini kami namakan sebagai sebuah *smart greenhouse*. Pada *Smart greenhouse* ini kami melakukan perancangan sistem akuisisi data dan sistem monitoring parameter lingkungan dengan protokol MQTT. Hasilnya kami dapat membuat merancang pembacaan suhu udara dengan error rata-rata 0,48. Pembacaan kelembaban udara dengan error rata-rata 5,33. Pembacaan pH tanah dengan error rata-rata 1,91. Parameter kelembaban tanah dengan ketelitian alat sebesar 91,66%. Dan terakhir adalah modul wi-fi ESP-32S yang berhasil mengirimkan data ke server website Thingspeak dengan delay 30 detik.

Kata kunci: Pertanian, *greenhouse*, *smart greenhouse*, akuisisi data, monitoring

Abstract

Indonesia is the largest agrarian country in the world. This causes addition in agricultural methods developed to produce optimal products. One method that is widely used is *greenhouse*. Now, general arrangements in the *greenhouse* still use the manual method such as room temperature measurements using a thermometer, air humidity measurements using a hygrometer, and soil moisture and soil pH measurements using a soil pH meter. Therefore we need develop a *greenhouse* in order to maintain environmental conditions without having to use human assistance directly. This integrated system that we designed is what we call a *smart greenhouse*. In this *smart greenhouse* we design data acquisition system and environmental parameter monitoring system with MQTT protocol. As a result we were able to make a designed air temperature reading with an average error of 0.48. Air humidity reading with an average error of 5.33. Soil pH reading with an average error of 1.91. Soil moisture parameters with tool accuracy of 91.66%. And lastly is the wi-fi module ESP-32S which successfully sends data to the Thingspeak website server with a delay of 30 seconds.

Keywords: Agriculture, *greenhouse*, *smart greenhouse*, data acquisition, monitoring

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas daratan sekitar 190 juta hektar dimana sekitar 28,94 persen atau sekitar 55 juta hektar adalah lahan pertanian [1]. Sebagai negara dengan populasi terpadat keempat di dunia, sensus penduduk 2010 mencatat populasi Indonesia 238 juta dengan tingkat pertumbuhan 1,49% pada periode 2000-2010. Total populasi Indonesia diperkirakan meningkat menjadi 288 juta pada tahun 2050 [2]. Dengan jumlah penduduk yang besar dan luasnya lahan pertanian tersebut Indonesia mampu memproduksi

berbagai jenis tanaman yang hasilnya dapat dikonsumsi oleh warga negara Indonesia sendiri maupun diekspor ke luar negeri. *Greenhouse* atau rumah kaca dapat didefinisikan sebagai bangunan yang ditingkai atau dibuat berbentuk gelembung, ditutup dengan bahan transparan, bening, atau bahan yang dapat melanjutkan cahaya dengan optimal untuk memproduksi dan melindungi tumbuhan dari kondisi iklim yang dapat merugikan proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan [3]. Diantara keuntungan *greenhouse* adalah pengembangan strategi kontrol sebagai peningkatan efisiensi, kompatibilitas

tinggi, operasi yang mudah digunakan dan biaya rendah, khususnya untuk penghematan energi rumah kaca [4].

Pada penelitian sebelumnya diusulkan pengontrolan *greenhouse* berbasis Internet of Things dengan mikrokontroler Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU dan data sensor dikirimkan secara realtime ke *website* Adafruit.Io [5]. Penelitian berikutnya mengusulkan sistem monitoring dan pengontrolan penyiraman tanaman menggunakan metode Fuzzy Logic dengan pendekatan Internet of Things [6]. Penelitian berikutnya mengusulkan pengontrolan *greenhouse* berbasis mikrokontroler AT89S52 dan data sensor ditampilkan di 128 x 64 LCD secara realtime [7]. Penelitian berikutnya mengusulkan sistem penyiraman dan pencahayaan tanaman otomatis dengan membandingkan tiga faktor yaitu suhu, intensitas cahaya, dan kelembaban tanah. Hasilnya sistem otomatisasi pada *greenhouse* (alarm air, penyiraman otomatis, pencahayaan otomatis) dapat bekerja dengan baik. [8]. Penelitian selanjutnya di tahun 2016 mengusulkan pengontrolan *greenhouse* untuk mencapai kondisi suhu dan kelembaban optimal dengan metode Bayesian Network [9].

Dari ulasan diatas maka kami membuat sebuah rancangan sistem akuisisi data dan sistem monitoring parameter lingkungan dengan protokol MQTT pada *greenhouse* yang kami namakan dengan *smart greenhouse*. Rancangan *smart greenhouse* ini menggunakan catu daya PLN 12V untuk menyuplai seluruh komponen pada sistem. Dalam penelitian ini, dirancang suatu sistem untuk mengirim data suhu udara, kelembaban udara, pH tanah, dan kelembaban tanah secara *real time*. 4 parameter iklim tersebut dapat diketahui dengan menggunakan 3 sensor yaitu Sensor DHT22, sensor pH tanah, dan sensor SEN0193. Sistem ini dirancang berbasis IoT (Internet of things) sehingga sistem dapat mendeteksi dan memantau parameter lingkungan *greenhouse* secara jarak jauh melalui *Website*.

2. Metode

2.1. Smart Greenhouse

Rumah kaca adalah bangunan bergelembung yang dibingkai dan ditutup dengan bahan yang dapat meneruskan cahaya bertujuan untuk menjaga tanaman dari kondisi iklim luar yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman sehingga proses pertumbuhan tanaman bisa lebih optimal. *Greenhouse* dalam budidaya tanaman merupakan salah satu cara untuk menciptakan lingkungan yang lebih mendekati kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang dibudidayakan di dalam *greenhouse* memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang dibudidayakan di luar *greenhouse*.

Smart greenhouse adalah membuat sebuah sistem *monitoring* dan pengendali temperatur, kelembaban udara, tanah, dan pH tanah dalam rumah kaca secara terpadu, terintegrasi, dan berbasis *Internet of Things*. *Smart*

greenhouse bertujuan untuk melakukan rekayasa lingkungan secara otomatis terhadap tanaman, seperti pengaturan iklim dan pemberian nutrisi sehingga pengendalian iklim dalam rumah kaca sebaiknya diatur sedemikian rupa dan dapat mengikuti kebutuhan tanaman sesuai tahap usianya [10].

2.2. Arduino Due

Arduino Due adalah *board* mikrokontroler yang berbasis pada CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 inti 32-bit. Arduino ini memiliki 54 pin masukan/keluaran digital 12 di antaranya dapat digunakan sebagai keluaran (PWM), 12 pin masukan analog, 4 UART (port serial perangkat keras), *clock* 84 MHz, koneksi USB OTG yang mampu, 2 DAC (digital to analog), 2 TWI, colokan listrik, header SPI, header JTAG, tombol reset dan tombol hapus [11]. Arduino Due dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arduino Due [12]

Arduino Due memiliki beberapa spesifikasi, yaitu:

- a. Mikrokontroler AT91SAM3X8E
- b. Tegangan operasi 3.3V
- c. Tegangan masukan sebesar 7-12V (direkomendasikan)
- d. Batas Tegangan masukan sebesar 6-16V
- e. Pin I/O Digital berjumlah 54 (12 diantaranya berupa keluaran PWM)
- f. Pin Masukan Analog berjumlah 12
- g. Pin Keluaran Analog berjumlah 2 (DAC)
- h. Total Arus Keluaran DC pada semua *lines* I/O sebesar 130 mA
 - i. Arus DC untuk pin 3.3V sebesar 800 mA
 - j. Arus DC untuk pin 5V sebesar 800 mA
- k. Memori *Flash* sebesar 512 KB tersedia untuk seluruh aplikasi pengguna
 - l. SRAM 96 KB (tersedia dua *banks*: 64KB and 32KB)
 - m. Kecepatan *Clock* sebesar 84 MHz
 - n. Ukuran panjang 101.52 mm
 - o. Ukuran lebar 53.3 mm
 - p. Ukuran berat 36 g

2.3. Modul Wi-Fi NodeMCU ESP-32S

NodeMCU ESP-32S adalah salah satu papan pengembangan yang dibuat oleh NodeMCU untuk mengevaluasi modul ESP-WROOM-32. Modul ini

didasarkan pada mikrokontroler ESP-32 yang menawarkan dukungan *wi-fi*, *bluetooth*, *ethernet*, dan daya rendah, semuanya dalam satu *chip* [13]. Modul *wi-fi* ESP-32S dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Modul *wi-fi* NodeMCU ESP-32S [14]

Berikut adalah karakteristik NodeMCU ESP-32S [13]:

1. Mikrokontroler: Tensilica 32-bit *Single- / Dual-core* CPU Xtensa LX6
2. Tegangan Operasi: 3.3V
3. Tegangan Masukan: 7-12V
4. Pin I/O Digital (DIO): 28
5. Pin Masukan Analog (ADC): 8
6. Pin Keluaran Analog (DAC): 2
7. UARTs: 3
8. SPI: 2
9. I2Cs: 3
10. Memori *Flash*: 4 MB
11. SRAM: 520 KB
12. *Clock Speed*: 240 Mhz
13. Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n/e/i:

- a. Sakelar TR terintegrasi, balun, LNA, penguat daya, dan jaringan yang cocok
- b. Otentikasi WEP atau WPA / WPA2, atau jaringan terbuka

2.4. Exponentially-Weighted Moving Average

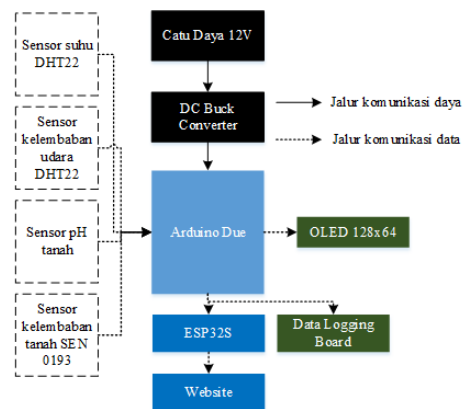
EWMA atau *Exponentially-Weighted Moving Average* adalah *filter* yang digunakan untuk menghaluskan pembacaan seri suatu data. *Filter* EWMA saat ini telah menjadi metode pengendali yang populer dalam penerapan kontrol proses Run-to-Run (RtR). Berbeda dengan metode buffer riwayat yang menghitung rata-rata pembacaan N terakhir, metode pada *filter* ini menggunakan lebih sedikit memori dan dapat bekerja lebih cepat. *Filter* ini menyediakan template *EwmaT* tambahan yang memungkinkan pembatasan pada tipe data tertentu, seperti `uint32_t`, untuk menghindari aritmatika floating point dan secara signifikan dapat mengurangi jejak kode [15].

2.5. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan perangkat keras (hardware) pada penelitian ini menggunakan komponen-komponen penyusun sebagai berikut:

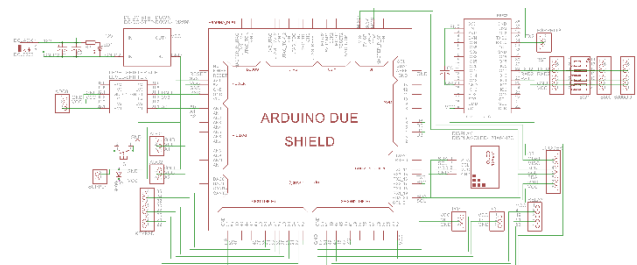
1. Arduino Due
2. Sensor DHT22
3. Sensor pH Tanah
4. Sensor SEN0193
5. Adapter 12V
6. DC-DC *Buck converter*
7. OLED 128 x 64
8. Modul Wi-Fi NodeMCU ESP-32S
9. *Data logging board*

Seluruh komponen tersebut kemudian dirangkai sehingga menjadi sebuah diagram blok seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

2.6. Perancangan Pemrosesan Data



Gambar 4. Konfigurasi Pin pada Arduino Due

Arduino Due digunakan untuk membaca masukkan sensor DHT2, DIY sensor pH tanah buatan Depoinovasi, dan sensor SEN0193. Arduino Due juga digunakan untuk menghasilkan data pembacaan sensor yang ditampilkan pada OLED 128 x 64 dan yang disimpan pada SD Card melalui *data logging board*. Selain itu Arduino Due juga mengirimkan data sensor ke *website* Thingspeak melalui Modul Wi-Fi NodeMCU ESP-32S Gambar 4 menampilkan konfigurasi pin pada Arduino Due.

3. Hasil dan Analisis

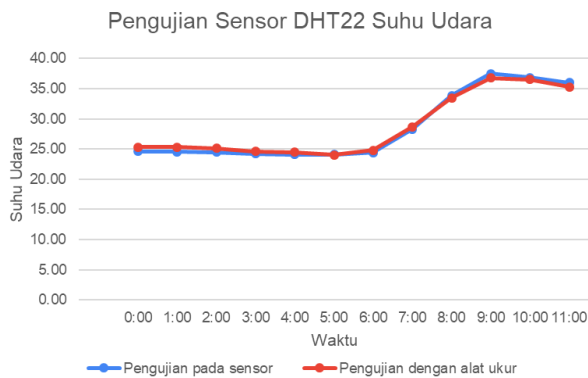
3.1. Pengujian Sensor DHT22 Suhu Udara

Pengujian sensor DHT22 Suhu Udara dilakukan dengan membandingkan suhu udara yang terbaca oleh sensor melalui mikrokontroler dengan suhu udara yang terbaca

oleh thermometer digital. Tabel 1 menunjukkan perbandingan pembacaan suhu udara sensor DHT22 dengan thermometer digital. Gambar 5 menunjukkan grafik perbandingan pembacaan suhu udara sensor DHT22 dengan thermometer digital.

Tabel 1. Perbandingan Pembacaan Suhu Udara Sensor DHT22 Dengan Thermometer Digital

No	Nilai Suhu Udara (thermometer digital)	Nilai Suhu Udara (DHT22)	Error	[%Error
1.	25.30	24.64	0.66	2.61%
2.	25.30	24.58	0.72	2.85%
3.	25.10	24.48	0.62	2.47%
4.	24.60	24.20	0.40	1.63%
5.	24.50	24.10	0.40	1.63%
6.	24.00	24.10	0.10	0.42%
7.	24.80	24.40	0.40	1.61%
8.	28.70	28.33	0.37	1.29%
9.	33.50	33.85	0.35	1.04%
10.	36.80	37.49	0.69	1.88%
11.	36.50	36.88	0.38	1.04%
12.	35.30	35.98	0.68	1.93%
Rata-rata			0.48	1.70%



Gambar 5. Grafik Perbandingan Pembacaan Suhu Udara Sensor DHT22 dengan Thermometer Digital

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan suhu dengan error rata-rata 0.48 dan persentase error rata-rata 1.70%. Error tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan waktu sampling dan perbedaan respon pembacaan sensor dengan thermometer digital serta pengaruh dari peletakan antara sensor DHT22 dengan thermometer digital. Tabel 2 menunjukkan perhitungan statistik regresi perbandingan pembacaan suhu udara sensor DHT22 dengan thermometer digital.

Tabel 2. Perhitungan Statistik Regresi Perbandingan Pembacaan Suhu Udara Sensor DHT22 dengan Thermometer Digital

Regression Statistics	
Multiple R	0.998987649
R Square	0.997976323
Adjusted R Square	0.99775147
Standard Error	0.254594114
Observations	11

Berdasarkan perhitungan statistik regresi pada tabel 2 menggunakan fitur data analysis di Microsoft Excel, terlihat nilai R² atau R Square sebesar 0.9977, dimana R² menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 99,77%.

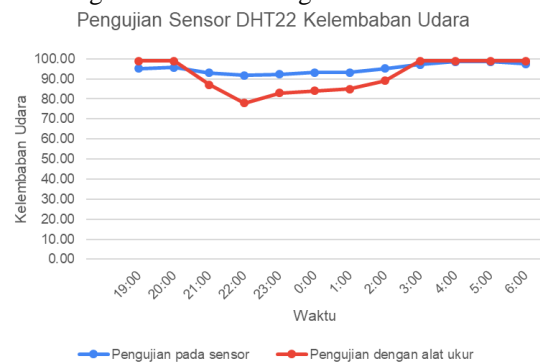
3.2. Pengujian Sensor DHT22 Kelembaban Udara

Pengujian sensor DHT22 Kelembaban Udara dilakukan dengan membandingkan kelembaban udara yang terbaca oleh sensor melalui mikrokontroler dengan kelembaban udara yang terbaca oleh thermometer digital. Tabel 3 menunjukkan perbandingan pembacaan kelembaban udara sensor DHT22 dengan thermometer digital

Tabel 3. Perbandingan Pembacaan Kelembaban Udara Sensor DHT22 dengan Thermometer Digital

No	Nilai Kelembaban Udara (Thermometer Digital)	Nilai Kelembaban Udara (DHT22)	Error	[%Error
1.	99.00	95.21	3.79	3.83%
2.	99.00	95.71	3.29	3.32%
3.	87.00	93.06	6.06	6.97%
4.	78.00	91.81	13.81	17.71%
5.	83.00	92.22	9.22	11.11%
6.	84.00	93.27	9.27	11.04%
7.	85.00	93.16	8.16	9.60%
8.	89.00	95.10	6.10	6.85%
9.	99.00	97.09	1.91	1.93%
10.	99.00	98.56	0.44	0.44%
11.	99.00	98.60	0.40	0.40%
12.	99.00	97.46	1.54	1.56%
Rata-rata			5.33	6.23%

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan kelembaban udara dengan error rata-rata 5.33 dan persentase error rata-rata 6.23%. Error tersebut dapat disebabkan karena alat ukur memiliki sensitivitas yang sangat tinggi dalam membaca perubahan kelembaban udara dengan cepat dibandingkan dengan pembacaan kelembaban udara oleh sensor DHT22. Gambar 6 menunjukkan grafik perbandingan kelembaban udara pembacaan sensor DHT22 dengan thermometer digital. Tabel 4 menunjukkan perhitungan statistik regresi perbandingan kelembaban udara pembacaan sensor DHT22 dengan thermometer digital.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Kelembaban Udara Pembacaan Sensor DHT22 dengan Thermometer Digital

Tabel 4. Perhitungan Statistik Regresi Perbandingan Kelembaban Udara Pembacaan Sensor DHT22 dengan Thermometer Digital

Regression Statistics	
Multiple R	0.94050994
R Square	0.884558947
Adjusted R Square	0.871732163
Standard Error	2.905171886
Observations	11

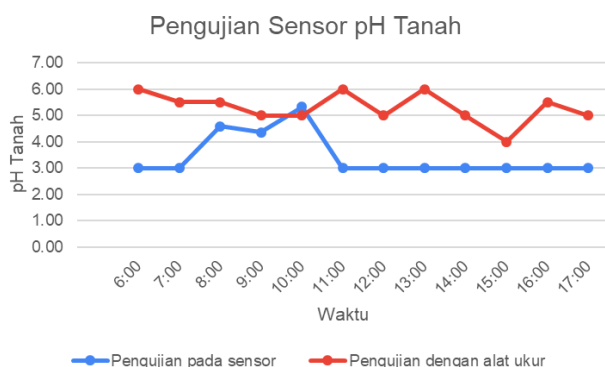
Berdasarkan perhitungan statistik regresi pada tabel 4 menggunakan fitur data analysis di Microsoft Excel, terlihat nilai R2 atau R Square sebesar 0.8845, dimana R2 menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 88,45%.

3.3. Pengujian Sensor pH Tanah

Pengujian sensor pH tanah dilakukan dengan membandingkan pH tanah yang terbaca oleh sensor melalui mikrokontroler dengan pH tanah yang terbaca oleh pH meter digital. Tabel 5 menampilkan perbandingan pembacaan sensor pH tanah dengan pH meter digital.

Tabel 5. Perbandingan Pembacaan pH Tanah Sensor pH Tanah dengan pH Meter Digital

No	Nilai pH Tanah (pH Meter digital)	Nilai pH Tanah (Sensor pH Meter)	Error	%Error
1.	6.00	3.00	3.00	50%
2.	5.50	3.00	2.50	45.45%
3.	5.50	4.59	0.91	16.54%
4.	5.00	4.35	0.65	13%
5.	5.00	5.32	0.32	6.4%
6.	6.00	3.00	3.00	50%
7.	5.00	3.00	2.00	40%
8.	6.00	3.00	3.00	50%
9.	5.00	3.00	2.00	40%
10.	4.00	3.00	1.00	25%
11.	5.50	3.00	2.50	45.45%
12.	5.00	3.00	2.00	40%
Rata-rata			1.91	35.15%



Gambar 7. Grafik Perbandingan pH Tanah Pembacaan Sensor pH Tanah dengan pH Meter Digital

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan pH tanah dengan error rata-rata 1.91 dan persentase error rata-rata 35.15%. Error

tersebut dapat disebabkan karena sensor pH tanah hanya dapat membaca nilai pH tanah sebanyak 3 dari 12 kali percobaan yaitu pada percobaan 3-5. Selain itu saat sensor pH tanah gagal membaca, nilai pH tanah yang tercantum adalah sebesar 3.00. Gambar 7 memperlihatkan Grafik perbandingan pembacaan sensor pH tanah dengan pH meter digital. Tabel 6 memperlihatkan perhitungan statistik regresi perbandingan pembacaan sensor pH tanah dengan pH meter digital.

Tabel 6. Perhitungan Statistik Regresi Perbandingan pH Tanah Pembacaan Sensor pH Tanah dengan pH Meter Digital

Regression Statistics	
Multiple R	0.083563038
R Square	0.006982781
Adjusted R Square	-0.103352465
Standard Error	0.592508813
Observations	11

Berdasarkan perhitungan statistik regresi pada tabel 6 menggunakan fitur data analysis di Microsoft Excel, terlihat nilai R2 atau R Square sebesar 0.0069, dimana R2 menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 0,69%.

3.4. Pengujian Sensor SEN0193 Kelembaban Tanah

Pengujian sensor SEN0193 dilakukan dengan membandingkan kelembaban tanah yang terbaca oleh sensor melalui mikrokontroler dengan kelembaban tanah yang terbaca oleh soil moisture meter digital. Nilai yang terbaca oleh soil moisture meter digital berupa indikator yang berjumlah 5 Kami membagi kelima indikator tersebut dalam rentang 0-100% pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 dapat dibuat uraian pengujian kelembaban tanah berdasarkan nilai kebenarannya. Tabel 8 memperlihatkan perbandingan pembacaan kelembaban tanah sensor SEN0193 dengan soil moisture meter digital. Berdasarkan Tabel 8 didapatkan persentase keakuratan rata-rata 91.66% dimana terdapat 11 kali data yang akurat dari 12 kali pengambilan data. Kesalahan pembacaan data tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan waktu sampling dan perbedaan respon pembacaan sensor dengan soil moisture meter digital serta pengaruh dari peletakan antara sensor SEN0193 dengan soil moisture meter digital.

Tabel 7. Pembagian Rentang Indikator Kelembaban Tanah pada Soil Moisture Meter

Indikator pada Soil Moisture Meter Digital	Rentang kelembaban tanah
DRY+	0-20%
DRY	21-40%
NOR	41-60%
WET	61-80%
WET+	81-100%

Tabel 8. Perbandingan Pembacaan Kelembaban Tanah Sensor SEN0193 dengan Soil Moisture Meter Digital

No	Nilai Kelembaban Tanah (Soil Moisture Meter)	Rentang Kelembaban Tanah	Nilai Kelembaban Tanah (SEN0193)	Nilai Kebenaran
1.	WET	61-80%	78%	TRUE
2.	WET +	81-100%	79%	FALSE
3.	WET	61-80%	79%	TRUE
4.	WET	61-80%	79%	TRUE
5.	WET	61-80%	79%	TRUE
6.	WET	61-80%	79%	TRUE
7.	WET	61-80%	80%	TRUE
8.	WET	61-80%	80%	TRUE
9.	WET	61-80%	79%	TRUE
10.	WET	61-80%	75%	TRUE
11.	WET	61-80%	73%	TRUE
12.	WET	61-80%	72%	TRUE
Keakuratan Data				91,66%

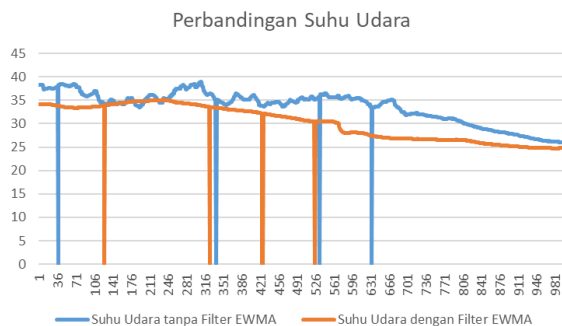
3.5. Pengujian Filter EWMA pada Sensor DHT22

A. Pengujian Filter EWMA pada pembacaan suhu udara

Tabel 9. Pengujian Pengaruh Filter EWMA pada Sensor DHT22 Suhu Udara

Waktu	Suhu Udara tanpa Filter	Suhu Udara dengan Filter
10.00	37.3	34.12
11.00	34	33.92
12.00	35.2	35
13.00	34.7	33
14.00	35	31.21
15.00	35.3	28.1
16.00	32.3	26.75
17.00	29.2	25.92
18.00	26.5	24.85
19.00	25.5	24.5
20.00	24.8	23.81
21.00	24.2	23.81

Pengujian *filter* EWMA pada suhu udara dilakukan dengan membandingkan pembacaan suhu udara yang ditambahkan *filter* EWMA dengan pembacaan suhu udara yang tidak ditambahkan *filter* EWMA. Tabel 9 memperlihatkan perbandingan pembacaan suhu udara sensor DHT22 dengan *filter* dan tanpa *filter* EWMA. Gambar 8 menunjukkan grafik perbandingan pembacaan sensor DHT22 suhu udara dengan *filter* EWMA.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Pengaruh Filter EWMA pada Pembacaan Sensor DHT22 Suhu Udara

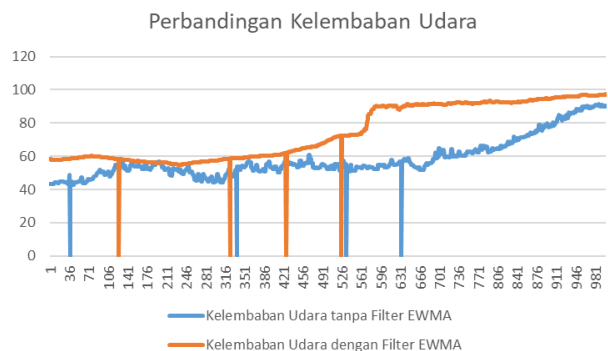
Berdasarkan pengujian pengaruh *filter* EWMA pada sensor DHT22 suhu udara pada tabel 9 terlihat ketelitian pembacaan sensor DHT22 suhu udara mencapai 0,01°C saat ditambahkan filter EWMA, sedangkan saat tidak ditambahkan filter EWMA ketelitian sensor hanya mencapai 0,1°C. Sehingga dapat disimpulkan penambahan filter EWMA dapat meningkatkan ketelitian. Berdasarkan grafik perbandingan pengaruh *filter* EWMA pada Gambar 8 terlihat bentuk grafik pembacaan sensor menjadi halus saat ditambahkan filter EWMA. Sedangkan saat tidak ditambahkan filter EWMA grafik memiliki banyak overshoot naik maupun turun. Sehingga dapat disimpulkan penambahan filter EWMA dapat memperhalus pembacaan grafik.

B. Pengujian Filter EWMA pada pembacaan kelembaban udara

Tabel 10. Pengujian Pengaruh Filter EWMA pada Sensor DHT22 Kelembaban Udara

Waktu	Kelembaban Udara tanpa Filter	Kelembaban Udara dengan Filter
10.00	44.4	57.82
11.00	54.5	58.23
12.00	52.3	55.2
13.00	51.5	59.73
14.00	53.2	66.19
15.00	54.5	90.34
16.00	59.1	91.63
17.00	72	92.46
18.00	88.5	96.8
19.00	90.8	96.35
20.00	93	97.31
21.00	96.5	98.32

Pengujian *filter* EWMA pada kelembaban udara dilakukan dengan membandingkan pembacaan kelembaban udara yang ditambahkan *filter* EWMA dengan pembacaan kelembaban udara yang tidak ditambahkan *filter* EWMA. Tabel 10 memperlihatkan perbandingan pembacaan kelembaban udara sensor DHT22 dengan *filter* dan tanpa *filter* EWMA. Gambar 9. menunjukkan grafik perbandingan pembacaan sensor DHT22 kelembaban udara dengan *filter* EWMA.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Pengaruh Filter EWMA pada Pembacaan Sensor DHT22 Kelembaban Udara

Berdasarkan pengujian pengaruh *filter* EWMA pada sensor DHT22 kelembaban udara pada tabel 10 terlihat ketelitian pembacaan sensor DHT22 kelembaban udara mencapai 0,01% saat ditambahkan filter EWMA, sedangkan saat tidak ditambahkan filter EWMA ketelitian sensor hanya mencapai 0,1%. Sehingga dapat disimpulkan penambahan filter EWMA dapat meningkatkan ketelitian

Berdasarkan grafik perbandingan pengaruh *filter* EWMA pada Gambar 9 terlihat bentuk grafik pembacaan sensor menjadi halus saat ditambahkan filter EWMA. Sedangkan

saat tidak ditambahkan filter EWMA grafik memiliki banyak overshoot naik maupun turun. Sehingga dapat disimpulkan penambahan filter EWMA dapat memperhalus pembacaan grafik.

3.6. Pengujian ESP-32S

Pengujian modul Wi-Fi ESP-32S yaitu dengan cara membandingkan pembacaan nilai sensor dengan nilai yang diterima oleh *website*. Tabel 11 menampilkan pengujian modul Wi-Fi ESP-32S.

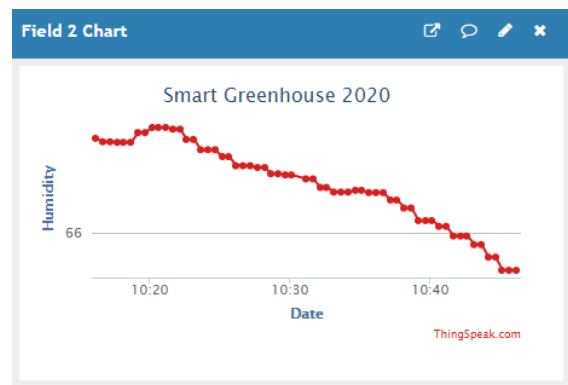
Tabel 11. Pengujian Modul Wi-Fi ESP-32S

Pengujian	Nilai Pembacaan Sensor				Waktu Data Diterima	Nilai Diterima Website			
	DHT22 Suhu Udara (°C)	DHT22 Kelembaban Udara (%)	Sensor pH Tanah	Sensor SEN0193 Kelembaban Tanah (%)		DHT22 Suhu Udara (°C)	DHT22 Kelembaban Udara (%)	Sensor pH Tanah	Sensor SEN0193 Kelembaban Tanah (%)
1.	24.35	98.48	3.00	80.00	06:10	24.32	98.54	3.00	81.00
2.	28.35	91.12	3.00	80.00	07:02	28.27	91.06	3.03	82.00
3.	29.07	78.00	4.59	92.00	08:00	29.03	77.91	4.63	91.00
4.	30.13	74.85	4.35	93.00	09:02	30.13	74.85	4.00	93.00
5.	35.18	56.47	5.32	92.00	10:02	35.08	56.56	5.87	91.00
6.	37.00	49.65	3.00	91.00	11:05	37.00	49.78	3.00	90.00
7.	37.84	50.00	3.00	90.00	12:07	37.83	50.26	3.00	89.00
8.	36.92	52.47	3.00	42.00	13:16	36.95	52.09	3.00	42.00
9.	36.57	52.73	3.00	69.00	14:02	36.59	52.21	3.00	70.00
10.	34.66	58.54	3.00	74.00	14:59	34.09	59.84	3.00	79.00
11.	29.62	76.39	3.00	86.00	16:03	29.62	76.38	3.00	86.00
12.	28.00	84.26	3.00	85.00	17:03	28.00	84.18	3.00	84.00

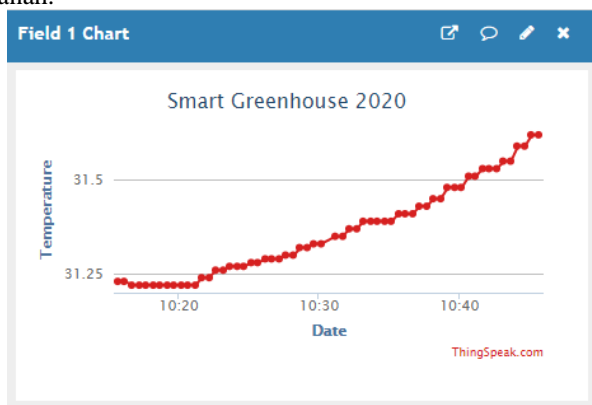
Dari hasil percobaan data diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata pengiriman data dan penerimaan data pada percobaan tersebut sudah sesuai dan hanya ada sedikit perbedaan akibat delay pengiriman.

3.7. Pengiriman Data Mikrokontroler Melalui ESP-32S ke Website

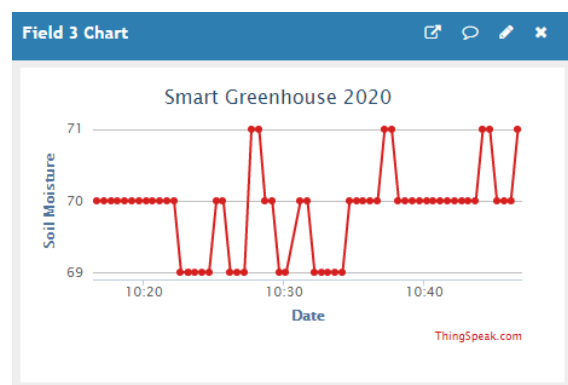
Komunikasi pada mikrokontroler menggunakan ESP-32S menggunakan modem USB Telkomsel Flash melalui router wireless TP-Link. Alamat *website* <https://thingspeak.com/channels/1205088>. Gambar 10, 11, 12, dan 13 menampilkan monitoring pembacaan suhu udara, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan pH tanah.



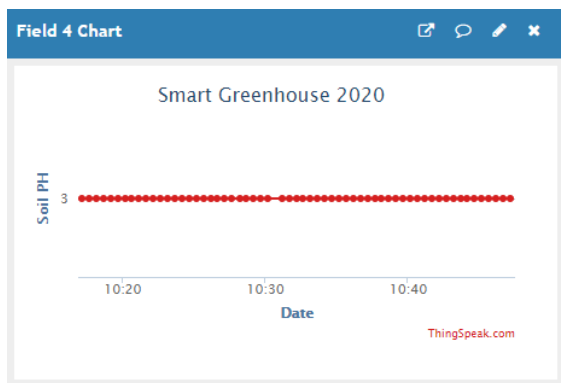
Gambar 11. Interface Website Kondisi Kelembaban Udara



Gambar 10. Interface Website Kondisi Suhu Udara



Gambar 12. Interface Website Kondisi Kelembaban Tanah



Gambar 13. Interface Website Kondisi pH Tanah

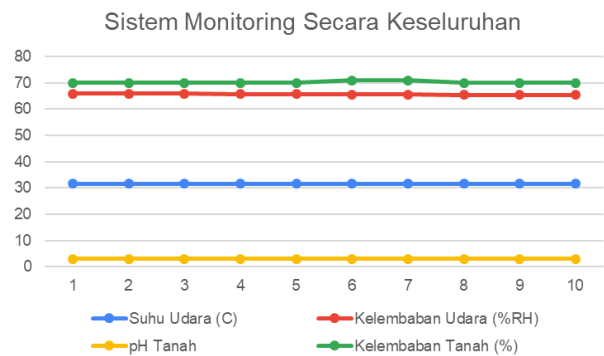
3.8. Pengujian dan Analisis Sistem Monitoring Lingkungan

Pengujian dan analisis sistem monitoring parameter lingkungan dilakukan dengan mengamati waktu delay pengiriman nilai DHT22 suhu udara, DHT22 kelembaban udara, SEN0193 kelembaban tanah dan sensor pH tanah dari Mikrokontroler melalui ESP-32S ke Website. Tabel 12 menunjukkan pengujian waktu delay sistem monitoring parameter lingkungan.

Tabel 12. Pengujian Waktu Delay Sistem Monitoring Parameter Lingkungan

Percobaan ke-	Nilai pada Tampilan Website				Waktu Delay (ms)
	DHT22 Suhu Udara (°C)	DHT22 Kelembaban Udara (%)	Sensor pH Tanah	Sensor SEN0193 Kelembaban Tanah	
1.	31.53	65.95	3.00	70	30105
2.	31.53	65.95	3.00	70	29595
3.	31.53	65.95	3.00	70	28751
4.	31.55	65.80	3.00	70	30272
5.	31.55	65.80	3.00	70	30539
6.	31.59	65.58	3.00	71	29810
7.	31.59	65.58	3.00	71	30571
8.	31.62	65.35	3.00	70	29225
9.	31.62	65.35	3.00	70	30401
10.	31.62	65.35	3.00	70	29464

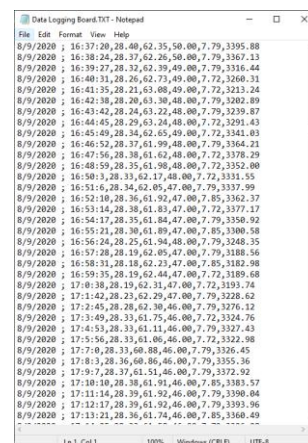
Dari Tabel 12 dapat dilihat bahwa nilai yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke database website Thingspeak dapat diterima dengan baik. Pengujian waktu menggunakan website www.estopwatch.net. Waktu pengiriman membutuhkan waktu 28500 – 31500 milidetik. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja dengan baik pada cakupan wilayah pengamatan secara real time sebagai sistem monitoring parameter lingkungan smart greenhouse. Gambar 14 menampilkan grafik sistem monitoring parameter lingkungan.



Gambar 14. Grafik Sistem Monitoring Parameter Lingkungan

3.9. Pengujian Data logging board

Data logging board yang berisi SD Card digunakan sebagai penyimpan data sensor dan sebagai penyimpan waktu. Pengujian data logging board ini dilakukan untuk mengetahui apakah SD Card yang digunakan dapat menyimpan data sensor dan waktu. Gambar 15 menunjukkan pengujian data logging board saat sudah diberikan masukan.



Gambar 15. Pengujian Data logging board Saat Sudah Diberikan Masukan

4. Kesimpulan

Pada pengujian parameter suhu udara didapat 12 kali pengambilan data pembacaan sensor DHT22 dan thermometer digital didapatkan suhu dengan error rata-rata 0.48 dan persentase error rata-rata 1.70%. Dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 99,77%. Pada pengujian parameter kelembaban udara didapat 12 kali pengambilan data pembacaan sensor DHT22 dengan thermometer digital didapatkan kelembaban udara dengan error rata-rata 5.33 dan persentase error rata-rata 6.23%. Dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 88.45%. ada pengujian parameter pH Tanah 12 kali pengambilan data pembacaan sensor pH meter dengan pH

meter digital didapatkan pH meter dengan error rata-rata 1.91 dan persentase error rata-rata 35.15%. Dan dapat menunjukkan ketelitian dari pengukuran alat yang dibuat sebesar 0.69%. Pada pengujian parameter kelembaban tanah 12 kali pengambilan data pembacaan sensor SEN0193 dengan *soil moisture* meter digital didapatkan nilai kebenaran sebanyak 11 kali. Dan dapat menunjukkan ketelitian alat yang dibuat dari sampel pengambilan data pengukuran sebesar 91.66%. Pada pengujian Modul Wi-fi ESP-32S telah berhasil mengirim data dari Arduino Mega (Mikrokontroler) menuju database *website* dengan waktu delay sekitar 30 detik. Pada pengujian pengaruh *filter* EWMA pada sensor DHT22 suhu dan kelembaban udara memperlihatkan ketelitian sensor DHT22 mencapai 0,01°C dan 0,01% saat ditambahkan *filter* EWMA. Selain itu bentuk grafik pembacaan sensor menjadi halus saat ditambahkan *filter* EWMA.

Referensi

- [1]. Asian Development Bank, "Indonesia: Food Security and Water Security Assessment Strategy and Roadmap," Asian Development Bank, 2015.
- [2]. BPS, "Indonesia in Figures 2015," Badan Pusat Statistik, 2015.
- [3]. R. Nurianingsih, H. Suhardiyanto, and L. O. Nelwan, "Analisis Pola Aliran dan Distribusi Suhu Udara pada Rumah Tanaman Standard Peak Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011.
- [4]. R. Alhusari, M. Fadel, and F. Omar, "Temperature Control of MIMO System by Utilizing Ground Temperature and Weather Conditions," 2018 IEEE Electr. Power Energy Conf. EPEC 2018, 2018, doi: 10.1109/EPEC.2018.8598448.
- [5]. A. Sofwan, S. Sumardi, A. I. Ahmada, I. Ibrahim, K. Budiraharjo, and K. Karno, "Smart Greenhouses: Smart Greenhouse Based on Internet of Things for Environmental Engineering," Proceeding - ICoSTA 2020 Int. Conf. Smart Technol. Appl. Empower. Ind. IoT by Implement. Green Technol. Sustain. Dev., pp. 5–9, 2020, doi: 10.1109/ICoSTA48221.2020.1570614124.
- [6]. E. J. Lesi, "Monitoring dan Pengendalian Smart Agriculture Berbasis Internet Of Things dengan Metode Fuzzy Logic Control," Laporan Tugas Akhir, Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, Palembang, 2019.
- [7]. C. Zhang, "Greenhouse intelligent control system based on microcontroller," AIP Conf. Proc., vol. 1955, no. April 2018, 2018, doi: 10.1063/1.5033697.
- [8]. A. M. Tajrie, S. Sumaryo, C. Ekaputri, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Sistem Kendali Penyiraman dan Pencahayaan Tanaman Otomatis pada Smart Greenhouse Menggunakan Logika Fuzzy," vol. 4, no. 3, pp. 3216–3223, 2017.
- [9]. J. del Sagrado, J. A. Sánchez, F. Rodríguez, and M. Berenguel, "Bayesian networks for greenhouse temperature control," J. Appl. Log., vol. 17, pp. 25–35, 2016, doi: 10.1016/j.jal.2015.09.006.
- [10]. T. K. Hariadi, "Sistem Pengendali Suhu, Kelembaban dan Cahaya Dalam Rumah Kaca," vol. 10, no. 1, pp. 82–93, 2007.
- [11]. DUE, Arduino; CORE, A. R. M. Arduino Due. Retrieved, 2017, 9.16: 2019.
- [12]. Arduino, "Arduino Due," *Arduino*, 2020. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/duel>. [Accessed: 13-Des-2020].
- [13]. L. Shkurti, X. Bajrami, E. Canhasi, B. Limani, S. Krrabaj and A. Hulaj, "Development of ambient environmental monitoring system through wireless sensor network (WSN) using NodeMCU and "WSN monitoring"," 2017 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Bar, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/MECO.2017.7977235.
- [14]. Zerynth Documentation, "NodeMCU ESP-32S," 2020. [Online]. Available: https://docs.zerynth.com/latest/reference/boards/nodemcu_esp32/docs/. [Accessed: 13-Des-2020].
- [15]. T. W. Kuo and A. C. Lee, "Assessing measurement noise effect in run-to-run process control: Extends EWMA controller by Kalman filter," *Int. J. Autom. Smart Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–76, 2011, doi: 10.5875/ausmt.v1i1.71.