

HydroFarm: Sistem Pengendalian dan Pengawasan Tumbuh Kembang Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things

1st Wizman Rofiansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

wizmanrofiansyah@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Inung Wijayanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

3rd Harfan Hian Ryanu
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Hidroponik merupakan salah satu perkembangan teknologi dalam budidaya tanaman dengan memanfaatkan air yang berfokus pada pemenuhan nutrisi serta zat hara dan media tanam yang digunakan berupa benda padat seperti netpot hidroponik, rockwool, spons, dan lain sebagainya. Dengan sistem hidroponik, tumbuh kembang tanaman relatif lebih cepat karena unsur hara dalam larutan dapat secara optimal dimanfaatkan sepenuhnya oleh tanaman sehingga daun lebih lebar, daging buah lebih besar dan kokoh. Akan tetapi terdapat kekurangan pada metode hidroponik menggunakan Nutrient Film Technique (NFT) seperti perlunya pengawasan rutin untuk menjaga nutrisi zat hara pada air yang mengalir ke tanaman hidroponik. Tentu-nya hal tersebut berdampak pada tumbuh kembang dan kualitas dari tanaman hidroponik. HydroFarm merupakan sebuah produk yang diciptakan untuk monitoring dan controlling dengan IoT yang dapat diakses oleh urban farmer melalui aplikasi mobile. Penggunaan IoT bertujuan untuk mengontrol pompa sehingga air dapat dialirkan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Selain itu, IoT berperan dalam mengontrol zat hara dan nutrisi yang dibutuhkan tanaman hidroponik sehingga nutrisi tanaman tetap terjaga.

Kata Kunci—Hidroponik, Controlling, Monitoring

I. PENDAHULUAN

Gerakan urban farming dapat dilakukan dengan berbagai tipe pertanian, salah satunya dengan sistem budidaya hidroponik [1]. Hidroponik adalah salah satu perkembangan teknologi dalam sektor pertanian dimana sistem budidaya tanaman dengan memanfaatkan air sebagai media tanam dengan berfokus pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman [2], [3]. Terdapat berbagai kelebihan dari budidaya hidroponik, salah satu diantaranya dapat dilakukan di lahan yang terbatas [4]. Dalam penerapan urban farming, metode NFT merupakan salah satu metode yang banyak digunakan karena tanaman hidroponik tumbuh pada permukaan dangkal dan tersirkulasi sehingga tanaman memperoleh air dan nutrisi yang cukup [5], [6]. Dengan metode NFT, pertumbuhan tanaman akan berjalan lebih cepat karena akar tanaman menyentuh nutrisi secara langsung [7]. Namun, budidaya sistem NFT perlu dipantau secara berkala karena jamur dapat terbawa oleh air akan menyebar sangat cepat ke seluruh tanaman [7]. Namun, beberapa urban farmer mengalami kegagalan panen akibat ku-

rangnya pemantauan khusus terhadap tanaman hidroponik [8]. Berdasarkan informasi yang telah dijabarkan, dapat diketahui bahwa sangatlah penting untuk memantau, mengendalikan, dan mendeteksi kondisi tanaman hidroponik dengan akurat. Oleh karena itu, penulis merasa perlu adanya pengkajian lebih dalam terkait cara memantau dan mengendalikan pertumbuhan tanaman hidroponik.

II. MATERIAL PENELITIAN

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sistem dimana objek atau perangkat fisik dapat saling berinteraksi saat terhubung melalui internet dan dapat saling berkomunikasi untuk pertukaran informasi dengan atau tanpa peran manusia [9]. IoT dapat berperan sebagai sistem monitoring dan controlling yang dapat diprogram oleh pengguna sesuai dengan apa yang pengguna inginkan [9].

B. Sensor DHT22

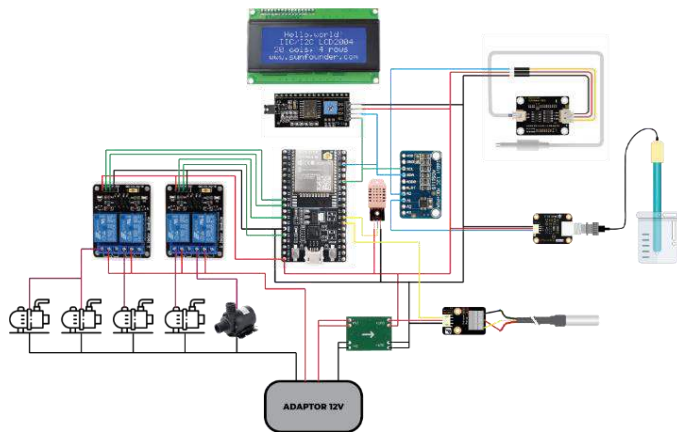
DHT22 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini memiliki keluaran sinyal digital yang telah terkalibrasi sehingga memberikan nilai keluaran yang sangat akurat dan menjamin penginderaan yang handal serta stabilitas jangka panjang yang baik [10].

C. Sensor TDS

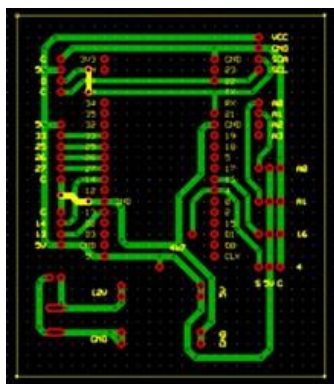
TDS (*Total Dissolved Solids*) adalah sensor yang digunakan mengukur jumlah padatan terlarut dalam air, seperti garam, mineral, logam dan senyawa lainnya. Sensor TDS menggunakan konduktivitas listrik yang dimana dua probe direndam dalam air, kemudian sensor TDS akan memproses atau menghasilkan keluaran sinyal analog yang menunjukkan konduktivitas listrik air tersebut [11].

D. Sensor DS18B20

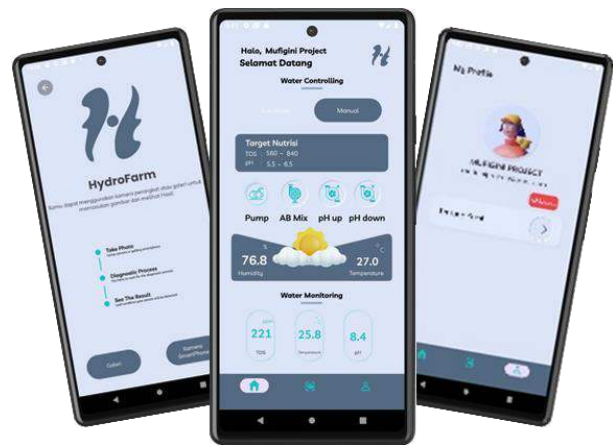
DS18B20 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dalam kondisi basah sehingga sangat cocok untuk digunakan mengukur suhu air [12].



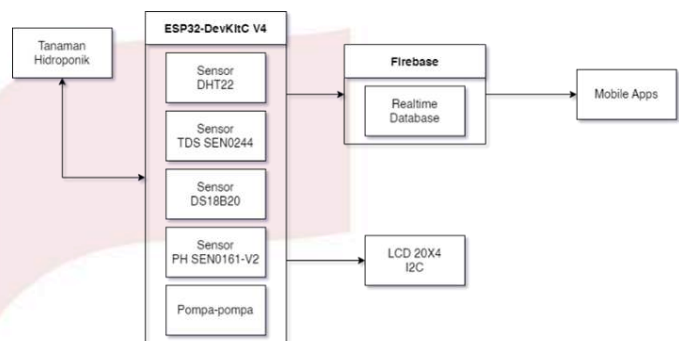
GAMBAR 1.
Wiring IoT



GAMBAR 2.
Desain PCB



GAMBAR 3.
UI/UX HydroFarm



GAMBAR 4.
Blok Diagram Implementasi HydroFarm

E. Sensor PH

PH (*Potential of Hydrogen*) adalah sensor yang digunakan untuk mengukur nilai pH atau derajat keasaman/kebasaan suatu cairan/larutan. Cara kerja utama sensor pH air terletak pada bagian sensor probe yang terbuat dari elektroda kaca [13].

III. METODE

A. Rencana Desain Sistem

Implementasi Internet of Things (IoT) dalam sebuah program HydroFarm dilakukan untuk mempermudah proses pemantauan dan kontrol atas berbagai perangkat atau sistem secara otomatis dan efisien dalam menunjang tumbuh kembang tanaman hidroponik. Untuk menciptakan sistem yang akurat dan tepat, diperlukan serangkaian proses teknis mulai dari tahap kalibrasi hingga integrasi komponen. Berikut ini merupakan komponen-komponen utama dalam implementasi IoT pada sistem HydroFarm seperti pada Gambar 1.

Proses wiring komponen pada Gambar 1 diperlukan untuk mempermudah pembuat dalam penentuan jumlah kabel dan pembuatan jalur kabel. Pembuatan PCB pada Gambar 2 bertujuan untuk memperlengkap bentuk alat dan desainnya disesuaikan dengan wiring komponen.

Untuk meningkatkan kualitas layanan sistem yang diinginkan oleh pengguna, perlu dibuat suatu antarmuka atau User

Interface (UI) dan pengalaman pengguna atau User Experience (UX). UI/UX dibutuhkan pengguna untuk melakukan monitoring dan controlling tanaman hidroponik. Berikut merupakan desain UI/UX aplikasi HydroFarm seperti pada Gambar 3.

B. Implementasi

Blok diagram sistem HydroFarm pada Gambar 4 terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung untuk membuat sistem pengendalian dan pengawasan tumbuh kembang tanaman hidroponik. Pada sistem HydroFarm dipasang beberapa sensor untuk mengetahui nutrisi pada tanaman hidroponik. Sensor yang digunakan yaitu sensor DHT untuk mengetahui suhu dan kelembaban ruangan, sensor DS18B20 untuk mengetahui suhu air, sensor pH untuk mengetahui keasaman/kebasaan air, sensor TDS untuk mengetahui jumlah padatan atau partikel terlarut di dalam air. Sensor-sensor tersebut akan diolah datanya oleh mikrokontroler ESP32 untuk ditampilkan pada LCD dan datanya dikirim ke Firebase. Data yang sudah dikumpulkan di Firebase dari ESP32 akan ditampilkan untuk dipantau oleh pengguna. Pengguna juga dapat mengendalikan pompa-pompa melalui aplikasi yang sudah terintegrasi dari Firebase ke ESP32 sehingga pengguna dapat kontrol penuh informasi tentang kondisi tanaman hidroponik dimana pun dan kapan pun. Blok diagram sistem HydroFarm di atas terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung untuk membuat sis-

tem pengendalian dan pengawasan tumbuh kembang tanaman hidroponik. Pada sistem HydroFarm dipasang beberapa sensor untuk mengetahui nutrisi pada tanaman hidroponik. Sensor yang digunakan yaitu sensor DHT untuk mengetahui suhu dan kelembaban ruangan, sensor DS18B20 untuk mengetahui suhu air, sensor pH untuk mengetahui keasaman/kebasaan air, sensor TDS untuk mengetahui jumlah padatan atau partikel terlarut di dalam air. Sensor-sensor tersebut akan diolah datanya oleh mikrokontroler ESP32 untuk ditampilkan pada LCD dan datanya dikirim ke Firebase. Data yang sudah dikumpulkan di Firebase dari ESP32 akan ditampilkan untuk dipantau oleh pengguna. Pengguna juga dapat mengendalikan pompa-pompa melalui aplikasi yang sudah terintegrasi dari Firebase ke ESP32 sehingga pengguna dapat kontrol penuh informasi tentang kondisi tanaman hidroponik dimana pun dan kapan pun.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skenario Pengujian

Pengujian merupakan proses yang bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem HydroFarm bekerja secara optimal, akurat, dan konsisten sesuai dengan spesifikasi dan tujuan yang telah ditetapkan. Pengujian sistem dilakukan pada perangkat HydroFarm secara langsung. Selama periode pengujian selama satu minggu di ruangan laboratorium, berbagai aspek kritis dari sistem HydroFarm akan diuji untuk memastikan kinerjanya sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Pertama, pengujian untuk memvalidasi kemampuan sistem dalam menyediakan informasi suhu dan kelembapan udara. Berbagai skenario dijalankan untuk mengukur presisi dan akurasi sensor yang terpasang pada sistem, memastikan bahwa setiap perubahan kondisi di lingkungan dapat terdeteksi dan dilaporkan secara *real-time*. Kedua, pengujian aspek *Total Dissolved Solid* (TDS) dengan mengukur konsentrasi total zat terlarut dalam larutan nutrisi. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk menentukan apakah sistem mampu memberikan informasi TDS dengan ketelitian yang dibutuhkan. Ketiga, pengujian sistem HydroFarm terkait kemampuannya dalam menyediakan informasi pH air. Berbagai solusi nutrisi dengan pH yang berbeda disiapkan dan diuji dengan hasil yang dicatat dan dibandingkan untuk mengevaluasi akurasi sistem. Keempat, sistem juga diuji dalam hal kemampuannya dalam menyediakan informasi suhu air. Suhu air merupakan parameter vital dalam menentukan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman hidroponik sehingga keakuratannya sangat penting untuk memastikan tumbuh kembang tanaman [14]. Selanjutnya, data dari semua sensor yang terintegrasi berhasil ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi HydroFarm. Pengujian dilakukan untuk memastikan integritas dan kelancaran aliran data antara sistem dan aplikasi, sehingga pengguna mendapatkan informasi yang akurat. Dalam konteks kontrol, sistem HydroFarm diuji untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mengendalikan pompa secara manual dan otomatis melalui aplikasi HydroFarm. Seluruh proses otomatisasi diuji dengan berbagai skenario untuk memastikan keandalan dan responsivitas sistem.

Tabel I
HASIL PENGUJIAN SENSOR DHT22

No	Kondisi Ruangan			
	Normal		Dekat Api	
	Suhu	Kelembapan	Suhu	Kelembapan
1	27,0°C	77%	27,1°C	79%
2	27,0°C	77%	27,4°C	79%
3	27,0°C	77%	28,5°C	74%
4	27,0°C	77%	28,8°C	78%
5	27,0°C	77%	29,1°C	80%
6	27,0°C	77%	29,4°C	82%
7	27,0°C	77%	29,8°C	83%
8	27,0°C	77%	30,5°C	83%
9	27,0°C	77%	31,8°C	84%
10	27,0°C	77%	33,3°C	81%

B. Hasil Pengujian

Berikut merupakan penjabaran pengujian dari sensor DHT22, sensor TDS SEN0244, sensor DS18B20, dan sensor pH SEN0161-V2 untuk sistem pengendalian dan pengawasan tumbuh kembang tanaman hidroponik.

1) *Sensor DHT22*: Dalam pengujian informasi suhu dan kelembapan udara, langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut.

- 1) Persiapkan perangkat berupa sensor DHT22 yang terhubung pada mikrokontroler.
- 2) Hubungkan mikrokontroler dengan sumber listrik.
- 3) Pengkodean mikrokontroler agar sensor DHT22 dapat digunakan.
- 4) Letakkan perangkat pada tanaman hidroponik.
- 5) Lakukan pengamatan terhadap hasil informasi suhu dan kelembapan udara.
- 6) Melakukan analisis data pengamatan.

Setelah melakukan pengujian dengan skenario yang telah dirancang sebelumnya, berikut ini merupakan hasil dari pengujian sensor DHT22 dalam menyediakan informasi suhu dan kelembapan udara yang ditunjukkan oleh Tabel I.

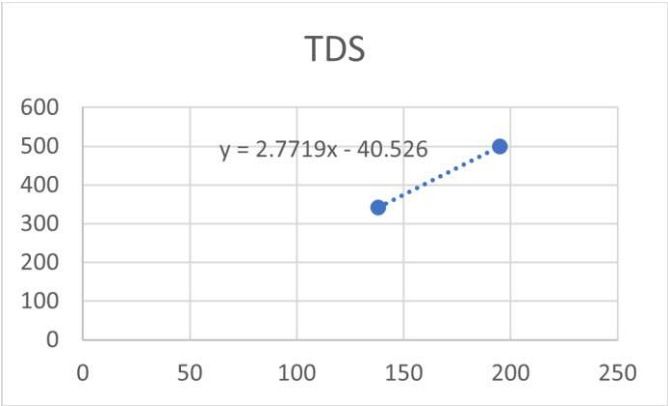
2) *Sensor TDS SEN0244*: Dalam pengujian informasi total dissolved solid, langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut.

- 1) Persiapkan perangkat berupa sensor TDS yang terhubung pada mikrokontroler.
- 2) Hubungkan mikrokontroler dengan sumber listrik.
- 3) Letakkan perangkat pada tanaman hidroponik.
- 4) Lakukan pengamatan terhadap hasil informasi total dissolved solid.
- 5) Melakukan analisis data pengamatan, apakah data sudah akurat atau memerlukan kalibrasi.
- 6) Jika diperlukan kalibrasi, maka kalibrasi dilakukan dengan pengkodean ulang menggunakan rumus regresi linear.
- 7) Melakukan analisis data pengamatan.

Setelah melakukan pengujian dengan skenario yang telah dirancang sebelumnya, berikut ini merupakan hasil dari pengujian sensor TDS dalam menyediakan informasi total dissolved solid saat probe direndam pada larutan kalibrasi 342ppm

TABEL II
HASIL PENGUJIAN SENSOR TDS SEBELUM DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi 342ppm (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor TDS	Tester TDS	Selisih Nilai TDS	Persentase Error TDS
1	138	342	204	147,826%
2	138	342	204	147,826%
3	138	342	204	147,826%
4	138	342	204	147,826%
5	138	342	204	147,826%
6	138	342	204	147,826%
7	138	342	204	147,826%
8	138	342	204	147,826%
9	138	342	204	147,826%
10	138	342	204	147,826%
Rata-rata	138	342	204	147,826%



GAMBAR 5.
Grafik Regresi Linear TDS

TABEL III
HASIL PENGUJIAN SENSOR TDS SEBELUM DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi 500ppm (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor TDS	Tester TDS	Selisih Nilai TDS	Persentase Error TDS
1	195	500	305	156,41%
2	195	500	305	156,41%
3	195	500	305	156,41%
4	195	500	305	156,41%
5	195	500	305	156,41%
6	195	500	305	156,41%
7	195	500	305	156,41%
8	195	500	305	156,41%
9	195	500	305	156,41%
10	195	500	305	156,41%
Rata-rata	195	500	305	156,41%

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN SENSOR TDS SESUDAH DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi 342ppm (25°C) Sesudah dikalibrasi			
	Sensor TDS	Tester TDS	Selisih Nilai TDS	Persentase Error TDS
1	345	342	3	0,87%
2	345	342	3	0,87%
3	345	342	3	0,87%
4	345	342	3	0,87%
5	345	342	3	0,87%
6	345	342	3	0,87%
7	345	342	3	0,87%
8	345	342	3	0,87%
9	345	342	3	0,87%
10	345	342	3	0,87%
Rata-rata	345	342	3	0,87%

(25°C) dan 500ppm (25°C) yang ditunjukkan oleh Tabel II dan Tabel III.

Dari hasil pengujian diatas, terdapat selisih perbedaan nilai yang besar, sensor TDS yang diukur dengan larutan kalibrasi TDS sebagai pembanding. Dikarenakan hasil pengujian tidak sesuai dengan nilai larutan, maka diperlukan kalibrasi pada kodingan sensor TDS. Kalibrasi yang digunakan yaitu dengan pendekatan regresi linear. Pendekatan regresi linear diperlukan agar dapat meminimalkan selisih antara nilai sensor TDS dengan larutan. Rumus yang diperoleh pada Gambar 5.

Pengujian dilakukan kembali dengan sensor TDS yang telah dikalibrasi menggunakan rumus regresi linear. Berikut merupakan hasil dari pengujian sensor TDS terkalibrasi saat probe direndam pada larutan kalibrasi 342ppm (25°C) dan 500ppm (25°C) yang ditunjukkan oleh Tabel IV dan Tabel V.

- 3) *Sensor DS18B20*: Dalam pengujian informasi suhu air, langkah-langkah pengujian yang dilakukan sebagai berikut.
- 1) Persiapkan perangkat berupa sensor DS18B20 yang terhubung pada mikrokontroler.
 - 2) Hubungkan mikrokontroler dengan sumber listrik.
 - 3) Pengkodingan mikrokontroler agar sensor DS18B20 dapat digunakan.
 - 4) Letakkan perangkat pada tanaman hidroponik.
 - 5) Lakukan pengamatan terhadap hasil informasi suhu air.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN SENSOR TDS SESUDAH DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi 500ppm (25°C) Sesudah dikalibrasi			
	Sensor TDS	Tester TDS	Selisih Nilai TDS	Persentase Error TDS
1	508	500	8	1,575%
2	508	500	8	1,575%
3	508	500	8	1,575%
4	508	500	8	1,575%
5	508	500	8	1,575%
6	508	500	8	1,575%
7	508	500	8	1,575%
8	508	500	8	1,575%
9	508	500	8	1,575%
10	508	500	8	1,575%
Rata-rata	508	500	8	1,575%

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN SENSOR DS18B20

No	Suhu Air	
	Normal	Dengan Es
1	25,8°C	12,3°C
2	25,8°C	12,3°C
3	25,8°C	12,3°C
4	25,8°C	12,3°C
5	25,8°C	10,1°C
6	25,8°C	8,11°C
7	25,8°C	8,11°C
8	25,8°C	6,71°C
9	25,8°C	6,01°C
10	25,8°C	5,71°C

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH SEBELUM DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi PH 4,00 (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor PH	Tester PH	Selisih Nilai PH	Persentase Error PH
1	2,88	4,00	1,12	38,89%
2	2,88	4,00	1,12	38,89%
3	2,88	4,00	1,12	38,89%
4	2,88	4,00	1,12	38,89%
5	2,88	4,00	1,12	38,89%
6	2,88	4,00	1,12	38,89%
7	2,88	4,00	1,12	38,89%
8	2,88	4,00	1,12	38,89%
9	2,88	4,00	1,12	38,89%
10	2,88	4,00	1,12	38,89%
Rata-rata	2,88	4,00	1,12	38,89%

6) Melakukan analisis data pengamatan.

Setelah melakukan pengujian dengan skenario yang telah dirancang sebelumnya, berikut ini merupakan hasil dari pengujian sensor DS18B20 dalam menyediakan informasi suhu air yang ditunjukkan oleh Table VI.

4) *Sensor PH SEN0161-V2*: Dalam pengujian informasi pH air, langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut.

- 1) Persiapkan perangkat berupa sensor pH air yang terhubung pada mikrokontroler.
- 2) Hubungkan mikrokontroler dengan sumber listrik.
- 3) Letakkan perangkat pada tanaman hidroponik.
- 4) Lakukan pengamatan terhadap hasil informasi pH air.
- 5) Melakukan analisis data pengamatan, apakah data sudah akurat atau memerlukan kalibrasi.
- 6) Jika diperlukan kalibrasi, maka kalibrasi dilakukan dengan pengkodean ulang menggunakan rumus regresi linear.
- 7) Melakukan analisis data pengamatan.

Setelah melakukan pengujian dengan skenario yang telah dirancang sebelumnya, berikut ini merupakan hasil dari pengujian sensor pH dalam menyediakan informasi pH air saat probe direndam pada larutan kalibrasi pH 4.00 (25°C), pH 6.86 (25°C), dan pH 9.18 (25°C) yang ditunjukkan oleh Tabel VII, Tabel VIII, dan Tabel IX.

Dari hasil pengujian diatas, terdapat selisih perbedaan nilai yang besar, sensor pH yang diukur dengan larutan kalibrasi pH sebagai pembanding. Dikarenakan hasil pengujian tidak sesuai

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH SEBELUM DIKALIBRASI

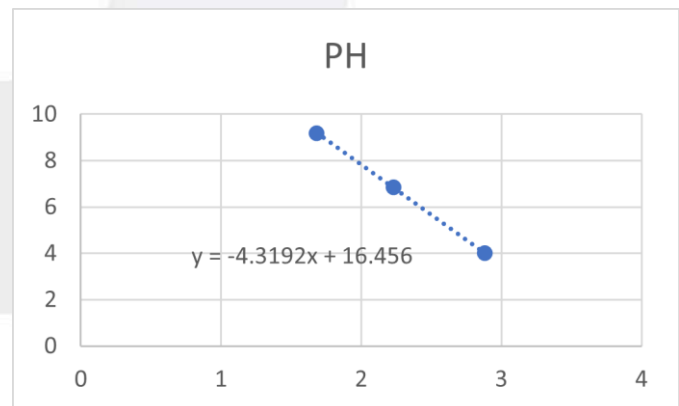
No	Larutan Kalibrasi PH 6,86 (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor PH	Tester PH	Selisih Nilai PH	Persentase Error PH
1	2,23	6,86	4,63	207,62%
2	2,23	6,86	4,63	207,62%
3	2,23	6,86	4,63	207,62%
4	2,23	6,86	4,63	207,62%
5	2,23	6,86	4,63	207,62%
6	2,23	6,86	4,63	207,62%
7	2,23	6,86	4,63	207,62%
8	2,23	6,86	4,63	207,62%
9	2,23	6,86	4,63	207,62%
10	2,23	6,86	4,63	207,62%
Rata-rata	2,23	6,86	4,63	207,62%

TABEL IX
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH SEBELUM DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi PH 9,18 (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor PH	Tester PH	Selisih Nilai PH	Persentase Error PH
1	1,68	9,18	7,5	446,43%
2	1,68	9,18	7,5	446,43%
3	1,68	9,18	7,5	446,43%
4	1,68	9,18	7,5	446,43%
5	1,68	9,18	7,5	446,43%
6	1,68	9,18	7,5	446,43%
7	1,68	9,18	7,5	446,43%
8	1,68	9,18	7,5	446,43%
9	1,68	9,18	7,5	446,43%
10	1,68	9,18	7,5	446,43%
Rata-rata	1,68	9,18	7,5	446,43%

dengan nilai larutan, maka diperlukan kalibrasi pada kodingan sensor pH. Kalibrasi yang digunakan yaitu dengan pendekatan regresi linear. Pendekatan regresi linear diperlukan agar dapat meminimalkan selisih antara nilai sensor pH dengan larutan. Rumus yang diperoleh pada Gambar 6.

Pengujian dilakukan kembali dengan sensor pH yang telah dikalibrasi menggunakan rumus regresi linear. Berikut merupakan hasil dari pengujian sensor TDS terkalibrasi saat probe



GAMBAR 6.
Grafik Regresi Linear PH

TABEL X
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH SESUDAH DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi PH 4,00 (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor PH	Tester PH	Selisih Nilai PH	Persentase Error PH
1	4,10	4,00	0,1	2,44%
2	4,10	4,00	0,1	2,44%
3	4,10	4,00	0,1	2,44%
4	4,10	4,00	0,1	2,44%
5	4,10	4,00	0,1	2,44%
6	4,10	4,00	0,1	2,44%
7	4,10	4,00	0,1	2,44%
8	4,10	4,00	0,1	2,44%
9	4,10	4,00	0,1	2,44%
10	4,10	4,00	0,1	2,44%
Rata-rata	4,10	4,00	0,1	2,44%

TABEL XI
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH SESUDAH DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi PH 6,86 (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor PH	Tester PH	Selisih Nilai PH	Persentase Error PH
1	6,90	6,86	0,04	0,58%
2	6,90	6,86	0,04	0,58%
3	6,90	6,86	0,04	0,58%
4	6,90	6,86	0,04	0,58%
5	6,90	6,86	0,04	0,58%
6	6,90	6,86	0,04	0,58%
7	6,90	6,86	0,04	0,58%
8	6,90	6,86	0,04	0,58%
9	6,90	6,86	0,04	0,58%
10	6,90	6,86	0,04	0,58%
Rata-rata	6,90	6,86	0,04	0,58%

direndam pada larutan kalibrasi pH 4,00 (25°C), pH 6,86 (25°C), dan pH 9,18 (25°C) yang ditunjukkan oleh Tabel X, Tabel XI, dan XII.

C. Analisis Hasil Pengujian

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada sistem HydroFarm, sistem telah berjalan sesuai dengan tujuan dan fungsinya untuk monitoring dan controlling tanaman hidroponik. Dari sub-sistem IoT, sensor DHT22 dan sensor DS18B20

TABEL XII
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH SESUDAH DIKALIBRASI

No	Larutan Kalibrasi PH 9,18 (25°C) Sebelum dikalibrasi			
	Sensor PH	Tester PH	Selisih Nilai PH	Persentase Error PH
1	9,20	9,18	0,02	0,217%
2	9,20	9,18	0,02	0,217%
3	9,20	9,18	0,02	0,217%
4	9,20	9,18	0,02	0,217%
5	9,20	9,18	0,02	0,217%
6	9,20	9,18	0,02	0,217%
7	9,20	9,18	0,02	0,217%
8	9,20	9,18	0,02	0,217%
9	9,20	9,18	0,02	0,217%
10	9,20	9,18	0,02	0,217%
Rata-rata	9,20	9,18	0,02	0,217%

tidak perlu dikalibrasi dikarenakan kedua sensor tersebut merupakan sensor digital sehingga alat sudah dikalibrasi secara digital, sedangkan sensor TDS dan sensor pH harus dikalibrasi karena merupakan sensor analog. Ketika diuji pada larutan kalibrasi memiliki persentase error yang tinggi sehingga diperlukan kalibrasi menggunakan pendekatan regresi linear. Ketika sudah dikalibrasi, sensor TDS dan sensor pH memiliki persentase dibawah 3%, itu menandakan alat sudah mengeluarkan data yang akurat dan siap digunakan. Namun, perangkat IoT mengalami delay selama 5-7 detik selama pengoperasian alat. Hal ini disebabkan oleh kualitas koneksi internet, beban server, kinerja perangkat keras, dan metode komunikasi. Upaya mengatasi permasalahan tersebut dilakukan, seperti pergantian spesifikasi antena telah dilakukan yaitu dengan antena 3dBi, 6dbi, dan 38dBi tetapi masih mengalami delay, pergantian mikrokontroler dan jaringan internet dilakukan juga, namun tetap saja mengalami delay.

V. KESIMPULAN

Keberhasilan sistem HydroFarm sebagai alat pengendalian dan pengawasan tumbuh kembang tanaman hidroponik berbasis internet of things dalam menjawab semua permasalahan urban farmer, sudah mencapai 95%. Urban farmer dapat memonitor nutrisi dan kontrol penuh terhadap nutrisi tanaman hidroponik dimana saja dan kapan saja, walaupun sistem ini memiliki kekurangan yaitu terjadi delay saat pengiriman data karena keterbatasan alat. Perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan sistem dalam mengatasi delay saat transfer data, menyempurnakan pendeteksian kondisi daun, dan menambahkan beberapa fitur. Dari segi hardware, panel surya dapat ditambahkan untuk menjadi power supply dan bisa menghemat listrik, Raspberry Pi dengan modul kamera dapat ditambahkan agar pengguna dapat mengetahui kondisi tanaman hidroponik secara live streaming dan tidak perlu ke tempat, dan sensor yang dirancang khusus untuk mengukur kandungan zat dalam air seperti Nitrogen, Phosphorus, dan Kalium. Dari segi software, pendeteksian tidak hanya mendeteksi kondisi daun, tetapi bisa juga mendeteksi penyakit dan hama, bahkan waktu panennya. Dari segi mobile application, fitur-fitur perlu ditambahkan seperti fitur artikel penyakit tanaman hidroponik dan cara mengatasinya, histori nutrisi berupa grafik dan kondisi tanaman per hari, dan fitur login yang terenkripsi agar sistem aman.

REFERENSI

- [1] F. A. Purnama, "Cara Memanfaatkan Lahan Sempit dengan Urban Farming," Tirto.id. Accessed: Apr. 16, 2023. [Online]. Available: <https://tirto.id/cara-memanfaatkan-lahan-sempit-dengan-urban-farming-f52Q>
- [2] K. Candraarya, "Berkembangnya Teknologi Pertanian Hidroponik di Kalangan Anak Muda," Kompasiana.com. Accessed: Apr. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.kompasiana.com/krisna73041/6086e1148ede485b3e2b55d2/berkembangnya-teknologi-pertanian-hidroponik-di-kalangan-anak-muda>
- [3] M. R. Waluyo, N. Nurfajriah, F. R. I. Mariati, and Q.

- A. H. H. Rohman, “Pemanfaatan Hidroponik sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Terbatas bagi Karang Taruna Desa Limo,” *IKRA-ITH ABDIMAS*, vol. 4, no. 1, pp. 61–64, Mar. 2021.
- [4] I. S. Roidah, “Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik,” *Jurnal Bonorowo*, vol. 1, no. 2, pp. 43–49, 2014, doi: <https://doi.org/10.36563/bonorowo.v1i2.14>.
- [5] A. Asriani, N. Nurcayah, and D. Herdhiansyah, “Rancangan Usaha Agribisnis Tanaman Sayuran Berbasis Hidroponik,” *Mimbar Agribisnis*, vol. 8, no. 1, pp. 407–416, Jan. 2022.
- [6] M. Singgih, K. Prabawati, and D. Abdulloh, “Bercocok Tanam Mudah Dengan Sistem Hidroponik NFT,” *Januari*, vol. 03, no. 1, 2019.
- [7] A. D. Sabrina, “Tahukah Kamu Perbedaan Hidroponik NFT Dan DFT? Simak Penjelasannya!,” Vocasia.
- [8] R. Pramudita and P. S. Aprilian, “Sistem Monitoring Kelembaban Suhu Dan Cahaya Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Aplikasi Blynk,” *JURNAL MAHASISWA BINA INSANI*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [9] P. Hidayatullah, M. Orisa, and A. Mahmudi, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT),” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 1200–1207, Jan. 2023, doi: 10.36040/jati.v6i2.5433.
- [10] F. Saputra, D. R. Suchendra, and M. I. Sani, “Implementasi Sistem Sensor Dht22 Untuk Menstabilkan Suhu Dan Kelembapan Berbasis Mikrokontroler Nodemcu Esp8266 Pada Ruangan,” *eProceedings of Applied Science*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [11] Y. Irawan, A. Febriani, R. Wahyuni, and Y. Devis, “Water quality measurement and filtering tools using Arduino Uno, PH sensor and TDS meter sensor,” *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 5, pp. 357–362, 2021.
- [12] DFROBOT, “SKU:DFR0198,” DFROBOT. Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/Waterproof_DS18B20_Digital_Temperature_Sensor_SKU_DFR0198
- [13] I. P. Y. pramesia Pratama, K. S. Wibawa, and I. M. A. D. Suarjaya, “Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 1034–1042.
- [14] E. Pasandaran, F. Djufry, and K. Suradisastra, “Kesiapan daerah mendukung pertanian modern.” IAARD Press, 2019