

Perancangan Dan Pengujian Sensor Untuk Sistem Aeroponik Horizontal Otomatis Berbasis IoT

1st Muhamad Malviandi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

malviyandi@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Fairuz Azmi
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

worldliner@telkomuniversity.ac.id

3rd Agung Nugroho Jati
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

agungnj@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— *Internet of Things (IoT)* merupakan peluang besar untuk masuknya sistem otomatisasi dalam dunia pertanian, salah satu contoh penerapannya adalah pada penanaman tanpa media tanah seperti aeroponik yang dimana penggunaan air dan nutrisinya sangat efisien. Akan tetapi, sistem aeroponik ini memiliki kelemahan pada kebutuhan pemantauan yang intensif untuk skala rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat yang dapat memantau sistem aeroponik ini secara otomatis. Alat yang dimaksud merupakan sensor-sensor untuk mengukur suhu dan kelembapan (*DHT-22*), tinggi dari cairan yang diperlukan (*HC-SR04*), pH pada cairan (*DFRobot pH Meter 2.0*), dan sensor suhu cairan (*DS18B20*). Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil sensor pada serial monitor yang terdapat pada *Arduino IDE* dan alat ukur seperti termometer alkohol, pH meter, dan penggaris. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata *error rate* sensor *HC-SR04* adalah sebesar 4,32%, *DHT22* sebesar 1,42% namun mengalami peningkatan menjadi 58,39% pada suhu ekstrem, sensor pH sebesar 13,90% yang diakibatkan oleh keterbatasan probe untuk wadah yang besar, serta *DS18B20* yang tidak terlalu dibutuhkan untuk skala sistem kecil karena perhitungan internal *DFRobot* sudah cukup. Penerapan sistem menggunakan aplikasi *Blynk* dapat dilakukan untuk pemantauan secara *online*, walaupun fitur terbatas pada penggunaan akun gratis menjadi tantangan tersendiri..

Kata kunci— *aeroponic, internet of things, sensors, error rate, blynk, C++*

I. PENDAHULUAN

Dengan bertambahnya populasi di dunia kita, muncul masalah dan kendala yang harus dihadapi. Salah satu masalah dan kendala yang dimaksud disini adalah berkurangnya bahan pangan dan lahan tanah yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan pangan tersebut. Dampak dari berkurangnya produksi bahan pangan tersebut akan berpengaruh langsung kepada masyarakat yang hendak membeli bahan pangan yang berkualitas dan ketahanan negara pun akan berkurang. Kemudian lahan tanah yang semakin lama semakin habis oleh pembangunan rumah untuk masyarakat, yang menyebabkan lahan untuk memproduksi bahan pangan semakin berkurang[1].

Pada masa yang akan datang, kita harus bisa memanfaatkan sumber daya alam secara efisien. Sumber daya alam yang dimaksud disini adalah air, tanah, dan udara. Akan tetapi, dengan jumlah manusia yang terus bertambah

dan membuat perumahan yang menyebabkan penurunan pada kualitas tanah. Tanah yang berada di perkotaan pun sudah tidak dapat digunakan untuk aktivitas bercocok tanam yang dikarenakan oleh perubahan urbanisasi yang cepat, degradasi tanah, perubahan iklim cepat, dan pelaku industrial yang tidak menjernihkan limbah mereka[2].

Penggunaan media tanam yang tidak menggunakan media tanah seperti hidroponik, akuaponik, dan aeroponik sudah banyak diterapkan oleh masyarakat dan petani di rumah mereka. Selain tidak perlu media tanah, tanaman yang dihasilkan dari metode hidroponik akan menjadi lebih baik dan lebih cepat karena masukan nutrisi akan lebih maksimal dibanding dengan penanaman konvensional. Penanaman pun akan lebih terjaga dari serangan hama sehingga meminimalkan penggunaan pestisida terhadap tanaman. Akan tetapi sistem hidroponik rentan menyebabkan serangan penyakit yang cepat tersebar jika ada penyakit yang masuk ke dalam air hidroponik tersebut[3]. Adapun aeroponik, yakni merupakan teknik bertani dengan cara menggantung akar dari tanaman di lingkungan dan aeroponik ini sendiri dapat dilakukan dimana saja yang dikarenakan cara bertanamnya yang tidak menggunakan media tanah. Metode ini memiliki pengiriman nutrisi yang lebih cepat dibandingkan dengan hidroponik. Selain itu aeroponik pun memiliki tingkat aerasi dan oksigenasi lebih tinggi dibandingkan dengan hidroponik, karena aeroponik menggunakan teknik menggantung akar dari tanaman tidak seperti hidroponik yang merendam akar tanaman tersebut[4]. Kemudian ada pun metode akuaponik yang memiliki keuntungan seperti tidak menggunakan nutrisi kimia, akan tetapi akuaponik menggunakan nutrisi dari hasil kotoran ikan yang berada di dalam kolam akuaponik tersebut. Namun, jika dibandingkan dengan hidroponik, pertumbuhan tanaman yang dihasilkan oleh akuaponik tidak akan secepat hidroponik[5].

Tetapi dibalik banyaknya kelebihan dari aeroponik, sistem ini pun memiliki kekurangan seperti membutuhkan alat untuk *timer*, sakelar, kontrol otomatis, dan masih banyak lagi yang membutuhkan biaya yang tidak sedikit[6]. Pada penelitian ini, pemantauan akan dilakukan dengan menggunakan *Internet of Things (IoT)*. IoT ini sendiri akan dilengkapi menggunakan sensor yang akan diatur dan dipilih supaya cocok untuk melakukan pengisian pupuk, memantau

suhu, kelembapan, dan pH yang dibutuhkan oleh tanaman secara *online*.

II. KAJIAN TEORI

A. Aeroponik

Sistem aeroponic merupakan salah satu teknik penanaman tanpa media tanah, yang dimana tanaman tumbuh di udara dengan bantuan rekayasa untuk pengganti media tanah atau substrat. Sistem ini merupakan teknik yang menggunakan bagian bawah seperti akar digantung di ruangan atau tempat yang benar-benar gelap. Lalu bagian atasnya seperti daun, buah, dan bagian mahkota akan dibiarkan memanjang keluar ruangan pertumbuhan. Teknik ini pun biasa disebut dengan *air-water plant growing*. Pada sistem ini tanaman akan diirigasikan menggunakan percikan nutrisi yang berbasis interval dengan cara mengekspos akar tanamannya di udara, supaya penyebarannya pun merata. Untuk penyuplaian nutrisi akan diisikan ke nozzle dengan sistem otomasi yang berbeda, mau itu dengan tekanan udara yang rendah maupun yang tinggi. Selain itu, sistem aeroponic ini dianggap sebagai sistem pertanian modern oleh beberapa penelitian. Karena sistem ini dapat menghilangkan beberapa faktor eksternal yang ada pada sistem pertanian lainnya[7].

B. Internet of Things

Internet of Things merupakan ide yang dimana penghubung antara benda di dunia nyata dengan sistem terpadu agar dapat berkomunikasi satu sama lain dengan menggunakan jaringan internet. Pada dasarnya perangkat *IoT* terdiri dari beberapa sensor yang berfungsi sebagai pengumpul data, jaringan internet untuk jalur komunikasi, dan sebuah server atau *database* untuk pengumpulan informasi yang sudah dikirimkan oleh sensor melalui jaringan internet lalu sekaligus di analisa oleh server atau *database* tersebut[8].

Pada umumnya *Internet of Things* digunakan untuk menyambungkan alat dan mengumpulkan informasi data yang sudah diterima oleh sensor. *IoT* ini sendiri dapat diaplikasikan dalam berbagai cara, mulai dari Pertanian Pintar, Kota Pintar, Lingkungan Pintar, Rumah Pintar, *E-Health*, dan masih banyak lagi. *Internet of Things* didasari oleh alat yang dapat menganalisa informasi dan dapat mengirimkannya ke usernya[9].

C. Bahasa Pemrograman C++

Bahasa ini merupakan pengembangan dari bahasa pemrograman C. Oleh karena itu sintaks dan struktur kode yang digunakan pada bahasa C++ tidak jauh berbeda dengan pendahulunya. Namun yang membedakan bahasa C++ dengan bahasa C adalah bahasa C++ merupakan *Object Oriented Programming (OOP)* sedangkan bahasa C merupakan bahasa pemrograman prosedural. Maka bahasa pemrograman C++ memiliki pemecahan masalah yang dapat disebut lebih simpel dibandingkan dengan bahasa C, karena pada C++ *data* dan *function* yang disatukan dalam kelas dan objek akan bekerjasama dalam memecahkan masalah tersebut. Oleh karena itu, perubahan fungsi cukup mengubah apa yang mau diubah tidak perlu hingga semua program di ubah[10].

D. Blynk

Aplikasi Blynk adalah penyedia *platform* yang memudahkan penggunanya untuk mengontrol alat yang telah dibuat dari jarak jauh atau *online* melalui aplikasi *IOS* ataupun *Android*. Aplikasi ini memberikan kemudahan dan efektifitas kepada *user*nya, karena aplikasi ini memberikan antarmuka yang dapat diatur oleh *user* supaya penggunaannya dapat menjadi lebih cocok dengan alat yang dibuat. Aplikasi ini pun dapat menyimpan data dan tampilan yang sudah dirancang oleh *user*[11].

E. Termometer

Termometer merupakan alat pengukur suhu yang biasanya digunakan untuk menentukan seberapa panas atau dinginnya suatu objek. Istilah "*thermometer*" sendiri berasal dari kata "*thermo*" yang berarti panas dan "*meter*" yang berarti mengukur, yang dimana dua kata tersebut berasal dari bahasa latin. Walaupun termometer lebih dikenal sebagai alat pengukur suhu tubuh, termometer pun dapat digunakan untuk mengukur suhu ruangan, cairan, reaksi kimia, dan masih banyak lagi. Untuk satuan yang paling sering digunakan pada pengukuran suhu termometer adalah *Celcius (°C)*, *Fahrenheit (°F)*, dan *Kelvin (K)*[12].

F. Arduino IDE

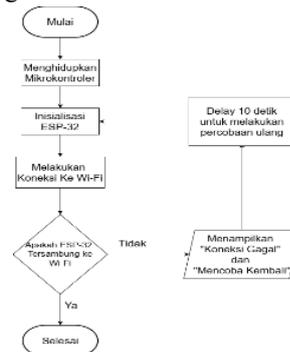
Arduino IDE merupakan aplikasi yang biasa digunakan untuk memprogram dan menguploadnya ke board *arduino UNO*, akan tetapi aplikasi ini pun dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler lainnya seperti *arduino nano*, *arduino genio*, *nodeMCU (ESP32)*, *mappi32*, dan masih banyak lagi. selain untuk memprogram mikrokontroler, *arduino IDE* ini pun dapat digunakan untuk menampilkan *output* di *serial monitor* yang tersedia pada aplikasinya[13]. Pada *serial monitor* ini lah *user* dapat melakukan pengujian atau testing *code* yang sudah di *upload* ke mikrokontroler apakah bekerja seperti seharusnya atau tidak.

III. METODE

A. Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak pada penelitian ini akan menggunakan *Arduino IDE 2.3.6* sebagai penulisan program yang di *upload* ke mikrokontroler dan *Blynk 1.3.2* sebagai aplikasi penampil hasil dari sensor yang digunakan. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C++. Perancangan antarmuka untuk *user* dilakukan pada aplikasi *Blynk*, karena pada aplikasi sudah disediakan fungsi untuk mengatur antarmuka yang dibutuhkan.

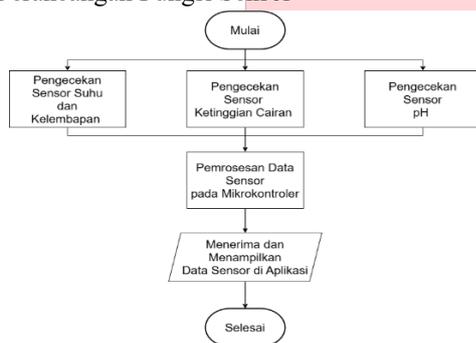
1. Perancangan Inisialisasi Awal



GAMBAR 1 (FLOWCHART INISIALISASI AWAL)

Flowchart yang terdapat pada GAMBAR 1 merupakan perancangan inialisasi awal yang dimulai dengan menghidupkan mikrokontroler, kemudian karena yang akan digunakan untuk inialisasi ini adalah *ESP-32* maka yang akan diinialisasi ke aplikasi hanyalah *ESP-32*. Lalu *ESP-32* akan melakukan koneksi ke *Wi-Fi* yang sudah ditentukan dan pengaturannya dilakukan pada *Arduino IDE*, bila tidak tersambung maka akan ditampilkan teks "Koneksi Gagal" dan "Mencoba Kembali", kemudian setelah 10 detik pengulangan akan dilakukan kembali dari inialisasi *ESP-32*. Jika *ESP-32* berhasil terhubung maka akan dilanjutkan ke fungsi sensor di aplikasi *Blynk*.

2. Perancangan Fungsi Sensor



GAMBAR 2
(FLOWCHART FUNGSI SENSOR)

Flowchart yang terdapat pada GAMBAR 2 merupakan tahap lanjutan dari *flowchart* pada GAMBAR 1 yang meneruskan fungsi sensor. Fungsi sensor ini sendiri merupakan program yang sudah diupload ke mikrokontroler *Arduino UNO* dan *ESP-32*, kemudian program tersebut akan memeriksa data data yang dihasilkan oleh seluruh sensor yaitu sensor suhu dan kelembapan (*DHT-22*), ketinggian cairan (*DS18B20*), dan pH (*DFRobot pH Meter*). Kemudian data tersebut akan diproses dan dikirimkan ke aplikasi *Blynk*.

B. Rancangan Pengujian Sensor

Pengujian sensor yang akan dilakukan pada sistem ini terdiri dari *HC-SR04*, *DHT-22*, *DS18B20*, dan *DFRobot pH 2.0*. Sensor-sensor tersebut akan diuji dengan alat fisik yang sudah teruji seperti termometer kaca, termometer digital (*infrared*), pH meter, dan penggaris untuk tolak ukur dan melihat *error rate* dari sensor yang digunakan. Monitoring dan *output* sensor akan dilakukan menggunakan *arduino IDE*, kemudian *code* yang di *upload* hanya *code* untuk sensor masing masing. Untuk cara dan perlakuan terhadap pengujian sensor adalah sebagai berikut:

1. *HC-SR04* (Sensor Ultrasonik)

Pengujian akan dilakukan dengan memasukan air ke bak pupuk yang sudah terpasang sensor ultrasonik di atas wadahnya, pengisian cairan akan dituangkan sebanyak 100ml setiap pengujian. Pengujian akan dilakukan sebanyak tiga kali, dan bak pupuk akan

ditandai terlebih dahulu menggunakan spidol agar dapat diukur menggunakan penggaris.

2. *DHT-22* (Sensor Suhu dan Kelembapan)

Pengujian untuk sensor ini akan dilakukan dengan dua kali, yang pertama di dalam bak tanaman dan yang kedua di luar bak. Pengujian di dalam bak, akan dilakukan dengan membalut sensor menggunakan *PTFE filter membrane* agar sensor dapat tahan dari kelembapan dan *misting* yang terdapat di dalam bak. Kemudian untuk pengujian di luar bak, sensor tidak akan dibalut menggunakan filter dan akan ditempelkan ke kayu bersama mikrokontroler. Termometer akan menjadi nilai pembanding untuk sensor ini, termometer yang digunakan merupakan termometer alkohol.

3. *DFRobot pH 2.0* (Sensor pH)

Untuk pengujian sensor pH akan dilakukan dengan dua cara, yang pertama adalah menggunakan pH *buffer* dan yang kedua akan dilakukan di dalam bak utama langsung. Untuk pengujian yang menggunakan pH *buffer* ini akan dilakukan pada gelas kaca biasa. *Output* yang akan dikeluarkan oleh *serial monitor*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian ini penulis akan menguji sekaligus membandingkan nilai yang dihasilkan oleh sensor dengan perhitungan manual atau dengan alat yang lebih terjamin agar penulis dapat mengukur tingkat akurasi dari sistem sendiri. Data yang dikumpulkan sendiri akan mencakup data-data dari nilai sensor, pengukuran secara manual, rata-rata nilai pengukuran dari kedua metode, dan nilai *error rate* dari hasil pengukuran tersebut. Berikut adalah rumus perhitungan yang digunakan.

$$\text{Error rate (\%)} = \frac{x - y}{y} \cdot 100\%$$

$$\text{Avg error (\%)} = \frac{\text{Jumlah seluruh hasil perhitungan}}{\text{Jumlah pengujian}}$$

Keterangan :

x = Hasil pengukuran manual

y = Hasil pengukuran sensor

A. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor *HC-SR04* atau sensor ultrasonik, pengujian akan dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama akan dilakukan di luar bak pupuk dan pengujian kedua akan dilakukan di dalam bak pupuk. Pengujian di luar dilakukan menggunakan dus dan disejajarkan dengan sensor. Kemudian pengujian yang di dalam bak akan dilakukan dengan menuangkan cairan sebanyak 100ml hingga batas maksimum dari bak pupuk sendiri setelah sensor terpasang. Kemudian untuk pengukuran digital dilakukan di serial monitor *Arduino IDE* dan untuk perbandingannya penulis menggunakan tanda yang sudah dibuat di bak pupuk menggunakan penggaris. Penggaris disamakan dengan garis yang sudah digambar pada bak pupuk. Pada pengujian ini sensor akan mengeluarkan satu angka desimal untuk pengukuran yang lebih tepat.

TABEL 1
(PENGUJIAN PADA BAK A)

Cairan yang dimasukan	HC-SR04 A (cm)	Manual A (cm)	Error Rate (%)
0ml	6,4 cm	6,5cm	1,54%
100ml	5,2 cm	5,3cm	1,89%
200ml	4,3 cm	4,3 cm	0,00%
300ml	3,8 cm	3,3 cm	15,15%
Rata Rata			4,65%

TABEL 2
(PENGUJIAN PADA BAK B)

Cairan yang dimasukan	HC-SR04 B (cm)	Manual B (cm)	Error Rate (%)
0ml	6,6cm	6,5cm	1,54%
100ml	5,3cm	5,3cm	0,00%
200ml	4,5cm	4,3cm	4,65%
300ml	3,6cm	3,3cm	9,09%
Rata Rata			3,82%

Dapat diketahui dari TABEL 1 dan TABEL 2 bahwa sensor ultrasonik *HC-SR04* memiliki nilai rata-rata *error rate* yang kecil yaitu 4,23%. Walaupun rata-rata *error ratenya* kecil, tetapi *error rate* yang dihasilkan setiap pengukuran di 3cm nilai data memuncak.

B. Pengujian *DHT-22* Dalam Bak

Dalam pengujian ini, pengujian akan dilakukan menggunakan dua buah *DHT-22* yang dimasukan ke bak tanaman *DHT-22* dibalut dengan *PTFE filter membrane* dan yang satu lagi tidak dibalut apa-apa. Pengujian ini dilakukan dengan pengambilan data sebanyak sepuluh kali dengan jeda 15 menit pada suhu (20-30°C) dan kelembapan (lebih dari 60%) yang dianggap sebagai suhu dan kelembapan normal pada penelitian ini.

TABEL 3
(PENGUJIAN SUHU BAK)

Waktu Pengujian	DHT-22 Bak (°C)	DHT-22 Control (°C)	Error rate(%)
09:14	25,80°C	25,20°C	2,38%
09:29	25,60°C	25,20°C	1,59%
09:50	27,00°C	26,60°C	1,50%
15:37	26,20°C	26,00°C	0,77%
15:52	26,80°C	26,60°C	0,75%
16:07	26,00°C	25,60°C	1,56%
16:25	25,40°C	24,80°C	2,42%
21:08	25,70°C	25,50°C	0,78%
21:23	25,20°C	24,80°C	1,61%
21:38	25,20°C	25,00°C	0,80%
Rata-rata			1,42%

Dari hasil yang terdapat pada TABEL 3 dapat diketahui bahwa penggunaan *PTFE filter membrane* pada *DHT-22*

dapat mempengaruhi tingkat kesensitifan pengukuran suhu dari sensor, walaupun begitu rata-rata *error rate* adalah 1,42%.

TABEL 4
(PENGUJIAN KELEMBAPAN BAK)

Waktu Pengujian	DHT-22 Bak (%)	DHT-22 Control (%)	Error rate(%)
09:14	77,40%	79,20%	2,27%
09:29	77,00%	78,60%	2,04%
09:50	75,80%	76,50%	0,92%
15:37	76,50%	78,20%	2,17%
15:52	78,20%	79,60%	1,76%
16:07	78,70%	80,30%	1,99%
16:25	79,40%	81,60%	2,70%
21:08	76,70%	78,00%	1,67%
21:23	76,80%	78,00%	1,54%
21:38	77,00%	78,60%	2,04%
Rata-rata			1,91%

Dari hasil yang terdapat pada TABEL 4 dapat diketahui bahwa hasilnya tidak berbeda jauh dari pengujian suhu, yang dimana *PTFE filter membrane* mempengaruhi tingkat kesensitifan pada pengukuran sensor, walaupun begitu rata-rata *error ratenya* adalah 1,91%.

C. Pengujian *DHT-22* Dalam Bak Dengan *Hairdryer*

Pengujian ini dilakukan dengan metode yang sama seperti sebelumnya, namun pengujian ini menggunakan *hairdryer* untuk mensimulasikan perubahan suhu yang ekstrem (lebih dari 30°C). Simulasi ini diperlukan karena pengujian dengan suhu setinggi itu sulit dilakukan secara alami

TABEL 5
(PENGUJIAN SUHU DENGAN *HAIRDRYER*)

Percobaan ke -	DHT-22 Bak (°C)	DHT-22 Control (°C)	Error rate(%)
1	34,1°C	54,7°C	60,41%
2	34,4°C	54,9°C	59,59%
3	36,2°C	55,2°C	52,49%
4	33,8°C	54,6°C	61,48%
5	34,2°C	53,9°C	57,60%
6	33,7°C	55,8°C	65,57%
7	35,0°C	56,2°C	60,57%
8	35,5°C	54,4°C	53,24%
9	35,8°C	56,2°C	57,02%
10	35,3°C	55,4°C	56,93%
Rata-rata			58,39%

Dapat diketahui dari pengujian pada TABEL 5 bahwa pengaplikasian *PTFE filter membrane* terhadap sensor yang

digunakan akan menyebabkan penurunan tingkat akurasi yang drastis pada sensor. Rata-rata *error rate* yang didapatkan dari pengujian menggunakan *hairdryer* yang dimana pengujian ini adalah simulasi perubahan suhu yang drastis adalah 58,39%, sedangkan ketika pengaplikasian *PTFE filter membrane* digunakan pada suhu normal seperti hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 4.4 rata-rata *error rate* yang didapatkan adalah 1,42%.

TABEL 6
(PENGUJIAN KELEMBAPAN DENGAN HAIRDRYER)

Percobaan ke -	DHT-22 Bak (%)	DHT-22 Control (%)	Error rate(%)
1	68.00%	30.50%	123.00%
2	67.50%	30.10%	124.20%
3	67.00%	30.20%	121.85%
4	66.60%	29.80%	123.49%
5	66.10%	29.90%	121.07%
6	62.50%	30.00%	108.33%
7	61.60%	29.50%	108.81%
8	60.70%	28.60%	112.24%
9	60.00%	28.80%	108.33%
10	59.20%	29.00%	104.14%
Rata-rata			115.75%

Dapat diketahui dari pengujian yang terdapat pada TABEL 6 bahwa untuk penggunaan *PTFE filter membrane* terhadap *DHT-22* tidak dapat digunakan untuk perubahan yang drastis, karena rata-rata *error rate* yang didapat pada pengujian ini adalah 115.75%.

D. Pengujian Sensor pH

Untuk pengujian pH akan dibagi menjadi 4, yaitu pengujian menggunakan pH *buffer* 4,01 dan *buffer* 6,86, pengujian pada bak kecil dan pada bak utama (besar). Untuk pengujian menggunakan pH *buffer* dilakukan sebanyak 10 kali dengan jeda 5 menit, untuk pengujian pH *buffer* penulis juga melakukan kalibrasi pada *probe* pH. Lalu untuk pengujian pada bak kecil dan besar dilakukan sebanyak 10 kali dengan jeda 5 menit, akan tetapi untuk pengujian pada bak nilai pH sensor *DFRobot* yang digunakan adalah nilai rata-rata dari 21 nilai yang ditampilkan oleh *serial monitor* pada *Arduino IDE*. Pengujian ini sendiri hanya dilakukan pada satu waktu karena adanya keterbatasan pada pH *buffer* yang dimiliki.

1. Pengujian Pada pH Buffer 4.01

TABEL 7
(PENGUJIAN PH BUFFER 4.01)

Jam Percobaan	pH DFRobot 2.0	pH Meter	Error Rate (%)
17:12	4,11	4,01	2,49%
17:17	4,11	4,01	2,49%

Jam Percobaan	pH DFRobot 2.0	pH Meter	Error Rate (%)
17:22	4,11	4,01	2,49%
17:27	4,30	4,22	1,90%
17:32	4,28	4,22	1,42%
17:37	4,30	4,22	1,90%
17:42	4,14	4,22	1,90%
17:47	4,11	4,01	2,49%
17:52	4,14	4,01	3,24%
17:57	4,11	4,01	2,49%
Rata-rata	4,16	4,09	2,28%

Pada TABEL 7 dapat dilihat bahwa sebagian besar data yang diperoleh dengan menggunakan sensor *DFRobot* nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan pH meter yang membuat sensor ini memiliki rata-rata *error rate* 2,28%.

2. Pengujian Pada pH Buffer 6.86

TABEL 8
(PENGUJIAN PH BUFFER 6.86)

Jam Percobaan	pH DFRobot 2.0	pH Meter	Error Rate (%)
17:12	7,20	6,86	4,96%
17:17	7,31	6,86	6,56%
17:22	7,34	6,94	5,76%
17:27	7,18	6,94	3,46%
17:32	6,98	6,86	1,75%
17:37	7,00	6,94	0,86%
17:42	7,03	6,94	1,30%
17:47	7,03	6,86	2,48%
17:52	7,14	6,86	4,08%
17:57	7,37	6,86	7,43%
Rata-rata	7,16	6,89	3,86%

Sama halnya dengan TABEL 7, pada TABEL 8 data menunjukkan bahwa semua data yang dihasilkan oleh *DFRobot* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan pH meter. Yang membuat sensor ini memiliki rata-rata *error rate* yang lebih tinggi dibanding dengan pengujian pada pH *buffer* 4,01 yaitu 3,86%.

3. Pengujian pH Pada Bak Kecil

TABEL 9
(PENGUJIAN PADA BAK KECIL)

Percobaan ke-	pH DFRobot 2.0	pH Meter	Error Rate (%)
1	7,66	7.67	0.13%
2	7,28	7.67	5.09%
3	6,93	7.58	8.58%
4	6,96	7.76	10.31%
5	6,88	7.76	11.34%
6	6,90	7.76	11.08%
7	6,73	7.76	13.27%
8	6,75	7.76	13.02%
9	6.80	7.76	12.37%
10	6.78	7.76	12.63%
Rata-rata	6.85	7.72	9.78%

Pada Tabel 4.11 data yang diperoleh menunjukkan bahwa pengukuran pH pada bak kecil memiliki *error rate* yang cukup besar yaitu 9,78%. Karena apabila *probe* yang digunakan oleh penulis digunakan secara terus menerus selama 1 hari, *probe* harus melakukan proses kalibrasi setiap 2 – 3 jam dan suhu yang sama saat melakukan kalibrasi tersebut[14].

4. Pengujian pH Pada Bak Besar

TABEL 10
(PENGUJIAN PADA BAK BESAR)

Percobaan ke-	pH DFRobot 2.0	pH Meter	Error Rate (%)
1	4,48	5,56	19,42%
2	4,47	5,36	16,60%
3	4,46	5,36	16,79%
4	4,40	5,26	16,35%
5	4,37	5,16	15,31%
6	4,44	5,06	12,25%
7	4,40	4,96	11,29%
8	4,37	4,96	11,90%
9	4,41	4,86	9,26%
10	4,38	4,86	9,88%
Rata-rata	4,42	5,14	13,90%

Pada tabel 4.12 data menunjukkan bahwa tingkat akurasi dari sensor *DFRobot* menurun karena adanya keterbatasan alat pada *probe* yang digunakan penulis, *probe* yang digunakan juga tidak cocok untuk pengukuran pada air bak yang besar. Dikarenakan untuk mengukur pH dalam bak atau wadah yang besar

dibutuhkan *probe* atau elektroda dengan jangkauan panjang dan *body* elektroda yang memiliki pelindung untuk bola kaca pH agar dapat melindungi bola kaca tersebut dengan lebih baik[15]. Maka dari itu *error rate* yang dihasilkan oleh sensor yang digunakan menjadi lebih besar dari yang seharusnya yaitu 13,90%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada tugas akhir ini, yang meliputi sekitar sensor suhu, kelembapan, pH air, ketinggian cairan bak pupuk dan bak utama, serta sistem monitoring pada aplikasi *Blynk* dapat ditarik kesimpulan bahwa Perancangan yang dilakukan dalam oleh penulis pada penelitian ini, dapat diimplementasikan untuk melakukan monitoring tanaman aeroponik rumahan secara online melalui aplikasi *Blynk*. Akan tetapi aplikasi *Blynk* yang digunakan pada penelitian ini memiliki keterbatasannya sendiri, yaitu adanya delay ketika menyalakan dan mematikan sensor melalui aplikasi. Selain itu, aplikasi ini pun tidak dapat diandalkan untuk penggunaan jangka panjang jika menggunakan akun gratis. Karena bila menggunakan akun gratis, kuota data yang dapat dihasilkan sangat terbatas yaitu sebanyak 100 data per perangkat. Sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu *HC-SR04* (sensor ketinggian cairan), *DHT-22* (sensor suhu dan kelembapan), *DS18B20* (sensor suhu cairan), *DFRobot pH Meter* (sensor pH) dapat diimplementasikan untuk melakukan monitoring terhadap tanaman aeroponik rumahan secara online. Hasil pengukuran pH menggunakan sensor *pH meter electrode BNC connector* tidak dapat disempurnakan karena sensor tersebut tidak dapat mengukur nilai pH dengan tingkat akurasi yang tinggi pada wadah yang besar.

REFERENSI

- [1] I. A. Lakhari *et al.*, "Overview of the aeroponic agriculture – An emerging technology for global food security," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.25165/ijabe.20201301.5156.
- [2] I. A. Lakhari, J. Gao, T. N. Syed, F. A. Chandio, and N. A. Buttar, "Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: A review on aeroponics," *J Plant Interact*, vol. 13, no. 1, pp. 338–352, Jan. 2018, doi: 10.1080/17429145.2018.1472308.
- [3] Slamet Riyanto, "6 Kelebihan dan Kekurangan Pertanian Hidroponik," <https://legioma.republika.co.id/posts/257155/6-kelebihan-dan-kekurangan-pertanian-hidroponik>.
- [4] R. Eka Putri, W. Fauzia, and D. Cherie, "Monitoring and Control System Development on IoT-Based Aeroponic Growth of Pakcoy (*Brassica rapa L.*)," *Jurnal Keteknik Pertanian*, vol. 11, no. 2, pp. 222–239, Sep. 2023, doi: 10.19028/jtep.011.2.222-239.
- [5] Slamet Riyanto, "Apakah Perbedaan dan Kesamaan Hidroponik dan Akuaponik," <https://legioma.republika.co.id/posts/72208/apakah-perbedaan-dan-kesamaan-hidroponik-dan-akuaponik#>.
- [6] Regina Amalia, "Tanpa Tanah, Ini 7 Perbedaan Hidroponik, Aquaponik, dan Aeroponik,"

- <https://www.idntimes.com/science/discovery/regina-amalia/tanpa-tanah-ini-7-perbedaan-hidroponik-aquaponik-dan-aeroponik-clc2?page=all>.
- [7] I. A. Lakhiar, G. Jianmin, T. N. Syed, F. A. Chandio, N. A. Buttar, and W. A. Qureshi, "Monitoring and control systems in agriculture using intelligent sensor techniques: A review of the aeroponic system," 2018, *Hindawi Limited*. doi: 10.1155/2018/8672769.
- [8] Y. Efendi, "INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS MOBILE," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>
- [9] S. R. Prathibha, A. Hongal, and M. P. Jyothi, "IOT Based Monitoring System in Smart Agriculture," in *Proceedings - 2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology, ICRAECT 2017*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Oct. 2017, pp. 81–84. doi: 10.1109/ICRAECT.2017.52.
- [10] Salsabila Annisa, "Belajar Bahasa Pemrograman C++ Untuk Pemula," <https://www.niagahoster.co.id/blog/bahasa-pemrograman-cpp/>.
- [11] SCAD College of Engineering and Technology and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI 2019) : 23-25, April 2019*. 2019.
- [12] Hillary Sekar Pawestri, "Mengenal Fungsi Termometer, Jenis, dan Cara Pakainya," <https://helohehat.com/sehat/informasi-kesehatan/cara-pakai-dan-jenis-termometer/>.
- [13] erintafifah, "Mengenal Perangkat Lunak Arduino IDE," <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>.
- [14] A. Hindayani, F. I. Permatasari, and A. S. Putri, "Pengukuran pH dengan Teknik Kalibrasi Dua Titik," Nov. 2022.
- [15] Gayle Gleichauf, "How to Maximize pH Electrode Accuracy and Lifespan," <https://www.labcompare.com>.

