**SISTEM DETEKSI DAN PEMANTAUAN KUALITAS AIR PADA AKUAPONIK
BERBASIS *ANDROID******THE DETECTION AND MONITORING SYSTEM OF WATER QUALITY IN THE
AQUAPONIC BASED ON ANDROID*****Ari Rahayuningtyas^{*)}, Diang Sagita, Novita Dwi Susanti**

Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jalan K.S. Tubun No. 5 Subang, Jawa Barat
E-mail: arirahayuningtyas@gmail.com

Diterima : 10-02-2021

Direvisi : 31-05-2021

Disetujui: 10-06-2021

ABSTRAK

Pada sistem akuaponik, kesesuaian kombinasi antara jenis ikan dan tanaman sangat penting untuk diselidiki karena setiap jenis ikan dan tanaman memiliki kondisi lingkungan hidup yang berbeda. Dengan demikian, diperlukan suatu perangkat yang dapat mendeteksi, memantau dan merekam kualitas air agar fenomena-fenomena yang terjadi pada kondisi air dapat diselidiki secara mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem deteksi dan pemantauan kualitas air untuk aplikasi aquaponik. Perangkat ini dirancang dengan menggunakan beberapa sensor yaitu sensor sensor pH tipe SKU:SEN0161, sensor TDS tipe SKU: SEN0244, sensor suhu air tipe DS18B20, intensitas cahaya tipe LDR, dan ketinggian air sensor ultrasonic tipe HCSR04. Perangkat tersebut dirancang untuk dapat diakses dengan menggunakan perangkat *Android*, sehingga kualitas air dapat dengan mudah dipantau kapan pun dan di mana pun. Metode perancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *prototyping* yaitu *Listen to Customer* (Pengumpulan kriteria desain), *Design and Build Prototype*, dan *Test Drive and Evaluation*. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis masing-masing sensor sebanyak 7 pengambilan data TDS dan 10 pengambilan data PH dan Suhu, didapatkan nilai galat yang kecil pada pembacaan setiap sensor. Galat pembacaan sensor pH sebesar 0,3, TDS sebesar 15 ppm dan sensor suhu sebesar 0,45 °C. Untuk pengujian *repeatability*, pada pengujian sensor cahaya setiap 5 menit diperoleh nilai rata-rata 236,2 Lux dan nilai deviasi yang sangat kecil yaitu 0,4 Lux, sedangkan sensor ketinggian air menunjukkan nilai rata-rata 14,72 cm dan nilai deviasi 0,03 cm. Nilai galat yang kecil menunjukkan sensor memiliki akurasi yang tinggi dan nilai deviasi yang kecil menunjukkan bahwa sensor telah memiliki tingkat kepresisian yang tinggi. Data parameter hasil pengukuran telah mampu ditampilkan dengan baik pada perangkat *Android* melalui jaringan internet.

Kata Kunci: akuaponik, deteksi, kualitas air, pemantauan**ABSTRACT**

In aquaponics systems, the suitability of the combination between fish and plant species is very important to be investigated, because every type of fish and plants have a different environment. Thus, a device that can detect, monitor, and record water quality is needed so that the phenomena that occur in the water can be deeply investigated. This study aims to design and manufacture a water quality detection and monitoring system for aquaponics application. This device was designed by using several sensors, i.e. pH sensor type SKU SEN0161, TDS sensor type SKU: SEN0244, water temperature sensor type DS18B20 (DS18B20), light intensity (LDR), and water level (ultrasonic sensor) type HCSR04. The device was designed to be accessed by using an Android platform, so the water quality can be easily monitored anytime and everywhere. The design method used in this

research was the prototyping method namely Listen to Customer (design requirements gathering), Design and Build Prototype, and Test Drives and Evaluation. Based on the results and analysis of each sensor with data retrieval of 7 for TDS and 10 data experiments for pH and temperature, a small error value was obtained on the reading of each sensor. The pH sensor reading error was 0.3, the TDS was 15 ppm and the temperature sensor was 0.45 °C. For repeatability testing, the light sensor test every 5 minutes obtained an average value of 236.2 Lux and a very small deviation value which is 0.4 Lux, while the water level sensor shows an average value of 14.72 cm and a deviation value of 0, 03 cm. A small error value indicates that the sensor has high accuracy and a small deviation value indicates that the sensor has a high level of precision. The measurement data has been able to be displayed properly on the Android platform via an internet network.

Keywords: aquaponics, detection, water quality, monitoring

PENDAHULUAN

Akuaponik merupakan sistem pertanian modern yang menggabungkan sistem budidaya tanaman terintegrasi dengan budidaya hewan air (ikan). Pada akuaponik, limbah organik yang dihasilkan oleh ikan akan diurai oleh bakteri menjadi nutrisi bagi tanaman hidroponik (Sastro, 2015). Prinsip akuaponik adalah resirkulasi air, dimana air dari kolam pemeliharaan ikan dialirkan secara terus menerus ke media tanaman untuk disaring dan dikembalikan lagi ke kolam pemeliharaan ikan. Teknik resirkulasi air dapat mengurangi pemakaian air untuk budidaya ikan, mengurangi pencemaran limbah budidaya ikan, dan memastikan ketersediaan air bersih untuk budidaya ikan (Sari, 2014). Kualitas air menjadi faktor penting pada budidaya ikan meliputi suhu air, salinitas, oksigen terlarut, pH, alkalinitas, ammonia (NH_3), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), asam sulfida (H_2S), karbondioksida (CO_2), dan besi (Boyd & Pillai, 1984). Menurut Su *et al.* (2020) bahwa terdapat faktor penting yang berpengaruh pada akuakultur yaitu, parameter fisik seperti, Ph, suhu, kadar oksigen terlarut, kadar garam (nutrisi), kontaminasi organik, kandungan biokimia seperti cyanotoxin dan kontaminasi biologis seperti bakteri patogen. Ketinggian air yang kurang dari ideal dapat menyebabkan kurangnya area bebas dan oksigen dalam air yang mengakibatkan ikan tidak sehat dan mati. Selain itu ketinggian kolam air pada area terbuka akan dipengaruhi oleh air hujan yang dapat menyebabkan kolam meluap dan bisa mengakibatkan kesehatan ikan terganggu (Alberto dan Cordova, 2017). Tingkat keberhasilan budidaya tanaman pada akuaponik sama halnya seperti pada sistem hidroponik yaitu tergantung pada pH, kekeruhan, ukuran partikel, unsur-unsur kimia dan juga TDS (*Total Dissolve Solid*) (Karsono, 2002; Kuala *et al.*, 2019). Kualitas air pada sistem akuaponik memiliki nilai standar supaya hasilnya maksimal. Nilai kualitas air harus diatur secara presisi karena harus disesuaikan dengan nilai standar yang dibutuhkan tanaman dan ikan yang nilainya bervariasi tergantung jenisnya.

Beberapa penelitian terkait sistem kontrol dan monitoring pada akuaponik telah dilakukan diantaranya penelitian Ade dan Sujana (2019) dengan judul Implementasi Sistem Akuaponik Berbasis *Android*, menjelaskan bahwa telah berhasil merancang sistem monitoring pH dan TDS pada akuaponik dengan menggunakan *Android* dan menggunakan mikrokontroler NodeMcu sebagai media transmisi dan penerima koneksi ke database melalui jaringan internet. Penelitian Maulana *et al.* (2018) yang berjudul Rancang Bangun Aquaponik Untuk Budidaya Lele Berbasis Mikrokontroler menjelaskan bahwa telah dibuat sistem kontrol dan monitoring akuaponik menggunakan pH meter, motor servo untuk pemberian pakan ikan otomatis. *NodeMCU* digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengatur sensor dan dapat dilihat melalui *web browser*. Penelitian Haqim *et al.* (2018) dengan judul Perancangan *Web Monitoring* Dan Kontroling Aquaponik Untuk Budidaya Ikan Lele Berbasis *Internet of Things* menjelaskan bahwa *web monitoring* dan *controlling* yang dirancang mampu

menampilkan data pH air normal bernilai 7 sampai 8, pH terlalu basa bernilai 9 sampai 10, pH asam bernilai 2 sampai 4 dan suhu kolam secara *realtime* dengan nilai 15 sampai 31 °C. Penelitian Ibadarrohman *et al.* (2018) dengan judul Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik Berbasis *Android*, menerangkan bahwa telah dikembangkan sistem otomatis untuk mengontrol pH air, ketinggian air, dan nutrisi agar sesuai dengan kondisi yang optimal bagi tumbuhan. Sistem ini dapat dipantau menggunakan *smartphoneAndroid* secara *realtime* melalui protokol MQTT (Ibadarrohman *et al.*, 2018).

Penelitian Prayitno *et al.* (2012) dengan judul Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan *BlynkAndroid* menjelaskan telah berhasil membuat sistem monitoring suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT11 secara *real time* dengan aplikasi khusus *AndroidBlynk* sebagai alat bantu pemantauan, dan relay untuk mengatur penyalan pompa penyiram. Lebih lanjut Prayitno *et al.* memaparkan bahwa *delay* rata-rata transfer data ke server *blynk* adalah 1242 ms dengan waktu sekitar 1-2 menit (Prayitno *et al.*, 2012). Penelitian Sriani (2019) dengan judul Pemanfaatan Sistem Pengendali Water Level Control Untuk Budidaya Ikan Gurame pada Kolam Terpal Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler berhasil dirancang otomatisasi menggunakan logika fuzzy berbasis mikrokontroler, untuk sistem pendeteksi kekeruhan air (sensor Turbidity) dan ketinggian air (sensor ultrasonik) serta sistem untuk mengendalikan pompa air, yang dapat diatur secara otomatis sesuai batas atas dan batas bawah serta dapat melakukan penggantian air kolam secara otomatis apabila air kolam sudah keruh (berdasarkan *Turbidity Sensor*) (Sriani, 2019). Sensor ultrasonik juga digunakan oleh Ipriadi *et al.* (2019) untuk mendeteksi ketinggian air secara otomatis menggunakan logika Fuzzy, dan hasilnya sensor dapat secara akurat menentukan 3 level ketinggian air dan dijadikan input bagi pompa air untuk mengisi tangki. Ciptadi dan Hardyanto (2018) telah menguji penerapan teknologi *IoT* pada sistem tanaman hidroponik menggunakan arduino dan *blynkAndroid*. Dijelaskan bahwa sistem dapat memantau dari suhu dan kelembaban (sensor DHT11) dari jarak jauh dan mengukur intensitas nutrisi yang mengalir melalui saluran (sensor YF-S201). Menurut Nugraha dan Ramadhan (2018), di dalam buku ajar Pengukuran Teknik dan Instrumentasi dijelaskan bahwa, karakteristik statis suatu alat ukur harus diperhatikan apabila alat tersebut digunakan untuk mengukur suatu kondisi yang tidak berubah karena waktu atau hanya berubah secara lambat laun. Karakteristik statis terdiri dari kalibrasi, ketelitian atau presisi, ketepatan atau akurasi, kepekaan, jangkauan dan kesalahan pengukuran (Nugraha & Ramadhan, 2018). Nilai akurasi sensor merupakan nilai galat pembacaan sensor terhadap nilai sebenarnya sedangkan nilai presisi sensor merupakan gambaran nilai jumlah variasi data atau sebaran sejumlah nilai data.

Pada sistem akuaponik, ada beberapa permasalahan yang sering ditemukan yaitu pengamatan terhadap kualitas air kolam dan nutrisi tanaman masih dilakukan secara manual sehingga kerja pengguna/ operator cukup berat. Melihat betapa kompleksnya sistem pada akuaponik, maka penelitian ini mengembangkan sistem deteksi dan pemantauan kualitas air dengan melakukan rancang bangun, mengintegrasikan beberapa sensor dan memodifikasi penelitian sebelumnya. Integrasi sensor terdiri dari sensor pH, TDS, suhu air, suhu lingkungan, ketinggian permukaan air dan cahaya. Sedangkan modifikasi dilakukan dengan menempatkan sensor PH dan TDS secara terpisah agar tidak saling mempengaruhi pada saat pengukuran. Sistem ini dapat dimonitoring *secara real time* menggunakan aplikasi Blynk, dimana aplikasi Blynk ini mengambil data dari internet dan dapat dimonitoring melalui *Android* dari jarak jauh.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah menggunakan metode rancang bangun peralatan (*prototyping*). Peralatan yang digunakan untuk pembuatan prototipe terdiri dari peralatan konstruksi elektrik dan mekanik, sementara bahan yang digunakan untuk membangun sistem deteksi kualitas air meliputi: 1) bak penampung air berukuran 70×40×50 cm, 2) satu buah sensor ultrasonic tipe HCSR04, 3) satu buah sensor pH air tipe SKU: SEN0161, 4) sensor suhu air tipe DS18B20, 5) sensor TDS tipe SKU: SEN0244, 6) sensor suhu dan kelembaban lingkungan tipe DHT22, 7) saluran sirkulasi air, 8) saluran pembuangan air, 9) saluran pengambilan sampel air, 10) mikrokontroler Arduino Mega, 11) kotak panel kontrol, 12) modem untuk sambungan internet, 13) pompa air, dan 12) saringan air bersih. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengkodingannya adalah *Arduino IDE*.

Tahapan dari kegiatan penelitian ini meliputi tiga tahapan yaitu *Listen to Costumer* (Pengumpulan kriteria desain), *Design and Build Prototype* (Perancangan dan Pembangunan Prototipe), dan *Test Drives and Evaluation* (Uji Coba dan Evaluasi).

Listen to Costumer

Pada tahap ini dilakukan penggalan permasalahan dan solusi yang dibutuhkan pengguna akuaponik dengan melakukan wawancara, studi literatur, dan kuisisioner. Selanjutnya dilakukan penyusunan dan penyiapan kebutuhan sistem yang akan dibangun. Pada tahap ini ditemukan adanya kendala yang dialami oleh pengguna bahwa pengamatan terhadap kualitas air kolam dan nutrisi tanaman masih dilakukan secara manual sehingga kerja pengguna/operator cukup berat, sehingga perlu dirancang bangun sistem deteksi dan monitoring kualitas air pada akuaponik melalui pemanfaatan konektivitas internet dengan menggunakan mikrokontroler Arduino berbasis web/*smart phone*.

Design and Build Prototype

Dalam tahap perancangan, identifikasi terhadap kebutuhan telah dilakukan guna membangun prototipe yang diharapkan. Kebutuhan sensor yang digunakan antara lain sensor pH, TDS, cahaya, ketinggian, suhu air, suhu dan kelembaban lingkungan. Kebutuhan pemroses data menggunakan *Arduino Mega*, *power supply*, *display LCD*, *SD card*, jaringan internet dan perangkat *Android* sebagaimana disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1.Diagram blok sistem

Pada sistem akuaponik, kualitas dan kuantitas tanaman sangat bergantung pada jumlah asupan nutrisi. Nutrisi ini terdiri dari PH dan TDS. Kandungan ini sangatlah berpengaruh pada proses pertumbuhan tanaman, maka dari itu ada besaran idealnya agar tanaman bisa tumbuh secara maksimal. Untuk kandungan PH sekitar 5,5 – 6,5 PH dan TDS sekitar 1050 – 1200 PPM (Sotyohadi *et al.*, 2020). Agar nutrisi dapat diserap oleh tanaman, diperlukan nilai TDS larutan yang sesuai. Dengan demikian, diperlukan adanya sensor TDS. Selain itu parameter penting lain yaitu nilai pH yang kemudian diukur menggunakan sensor pH. Cahaya sekitar kolam dideteksi dengan sensor LDR, ketinggian permukaan kolam dengan sensor ultrasonik, suhu air dengan sensor DS18B20 serta suhu dan kelembaban lingkungan menggunakan sensor DHT22. Mikrokontroler menerima masukan data dari sensor-sensor, melakukan perhitungan persamaan secara otomatis, menampilkan data ke layer LCD. Terdapat SD *card* yang terhubung dengan mikrokontroler untuk menyimpan data setiap 5 detik, perangkat *Android* untuk memberikan dan menampilkan data atau intruksi-intruksi terhadap mikrokontroler dan catu daya untuk mensuplai daya kepada seluruh peralatan. Diagram alir pembacaan parameter kualitas air pada sistem dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Diagram alir pembacaan sensor pada sistem deteksi dan pemantauan kualitas air

Berdasar Gambar 2, dapat diuraikan bahwa input dari sistem elektronik adalah sensor pH, TDS, cahaya, ketinggian permukaan air, suhu air dan suhu dan kelembaban lingkungan

dengan pemroses data berupa mikrokontroler *Arduino Mega*. Data akan di simpan pada *SD card*, kemudian ditampilkan pada layar LCD. Data juga dapat diakses menggunakan *Android platform* via komunikasi internet. Untuk mengakses aplikasi dibutuhkan *authentication user*, sehingga pengguna dapat mengakses sistem akuaponik yang terhubung dengan aplikasi *Blynk*. Langkah-langkahnya disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3. Diagram alir komunikasi perangkat ke *Blynk*

Perwujudan tampak isometri dari prototipe sistem deteksi dan monitoring untuk keperluan budidaya akuaponik dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Tampak isometri dari sistem secara keseluruhan

Gambar 4 merupakan perwujudan bentuk 3 dimensi dari perangkat deteksi dengan keterangan 1) Bak penampung air, 2) Unit pengukur tinggi air dengan sensor ultrasonic, 3) Unit pengukur pH air dengan sensor pH, 4) Pompa air, 5) Sensor suhu air, 6) Sensor TDS, 7) Saluran sirkulasi air, 8) Saluran pembuangan air, 9) Saluran pengambilan sampel air, 10) Kotak panel kontrol yang disambungkan ke jaringan internet, 11) Sensor cahaya, 12) Sensor suhu dan kelembaban lingkungan, 13) layar LCD, 14) Meja panel kontrol, 15) Saringan.

Test Drives and Evaluation

Uji coba dilakukan terhadap keberhasilan sensor dalam mengukur, mikrokontroler dalam mengolah data dan aplikasi *Blynk* dalam hal menampilkan informasi melalui *smartphone*. Pengujian karakteristik statis sensor dilakukan untuk mengetahui akurasi dan tingkat presisi dari sensor (Rahayuningtyas *et al.*, 2020). Parameter yang diukur antara lain nilai galat (*error*), deviasi dan *repeatability*. Nilai galat dihitung dengan membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan alat ukur standar. Sensor yang nilai galatnya dihitung adalah: 1) sensor pH dengan alat ukur pembandingnya yaitu pH meter (ketelitian 0,1); 2) sensor TDS dengan alat ukur pembandingnya yaitu TDS meter (ketelitian 1 ppm); 3) sensor suhu dengan alat ukur pembandingnya yaitu termometer (ketelitian 1 °C). *Repeatability* diukur pada sensor cahaya dan sensor jarak dengan cara merekam nilai yang terukur setiap interval waktu 5 menit sebanyak 10 ulangan pada kondisi lingkungan yang tetap sehingga diperoleh stabilitas sensor dalam mengukur yaitu nilai rata-rata pembacaan dan deviasinya.

Pengujian berikutnya yaitu penerapan sistem secara langsung yang dilakukan pada kolam percobaan tanpa ikan selama 24 jam dari pukul 8:00 hingga jam yang sama pada hari berikutnya. Langkah-langkah uji coba dimulai dari pemasangan seluruh sensor pada tempat yang akan dideteksi, menghubungkan adaptor 12 Volt dengan sumber listrik PLN, mengaktifkan koneksi internet dan mengaktifkan aplikasi *Blynk* pada perangkat *Android* sehingga akan ditampilkan nilai suhu air, suhu-kelembaban lingkungan, TDS, pH, jarak permukaan air dan cahaya secara *real time*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor-sensor yang diuji cobakan pada penelitian ini terdiri dari sensor pH, sensor TDS, sensor suhu air (DS18B20), dan ketinggian permukaan air (sensor ultrasonik). Masing-masing percobaan terhadap kerja sensor diambil datanya sebanyak 10 kali kecuali pada pengambilan data TDS sebanyak 7 kali. Analisa yang dilakukan meliputi akurasi sensor yaitu dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standart dan *repeatability* yaitu sejauh mana pengulangan pengukuran dalam kondisi yang tidak berubah mendapatkan hasil yang sama (Bentley, 2005).

Akurasi Sensor

Akurasi sensor diuji cobakan pada sensor pH, sensor TDS dan sensor suhu air. Masing-masing uji coba di ambil sampel data sebanyak 10 kali kecuali pada pengambilan data TDS sebanyak 7 kali (diambil sebagai sampel yaitu antara 100 – 600 saja). Akurasi sensor pH diperoleh dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pH dengan alat ukur standar pH Meter tipe PH-80 Hydrotester) dengan akurasi pembacaan $\pm 0,2$ dapat dilihat sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan pembacaan sensor pH dengan alat ukur terstandart (pH Meter)

No	Sensor pH	Alat ukur pH meter	Galat
1	4,0	3,8	0,2
2	4,3	4,2	0,1
3	5,9	5,7	0,2
4	6,4	6,2	0,2
5	6,5	6,3	0,2
6	6,9	6,7	0,2
7	7,0	6,8	0,2
8	7,1	6,9	0,2
9	9,0	9,4	0,4
10	9,1	9,5	0,4
Galat rata-rata			0,3
Standar deviasi			0,2

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa pembacaan sensor memiliki perbedaan nilai pembacaan jika dibandingkan dengan alat ukur standar. Besarnya galat sensor rata-rata adalah 0,3 dengan deviasi sebesar 0,2 sehingga untuk meningkatkan akurasi diperlukan koreksi terhadap perbedaan pembacaan nilai tersebut. Koreksi dibuat dengan mengkorelasikan antara pembacaan sensor dengan nilai pH sebenarnya. Menurut Islam (2019) banyak sensor menunjukkan respon *non linearity* nya dengan parameter-parameter pengukuran yang berbeda-beda. Beberapa sensor menunjukkan hasil yang linier pada *range* tertentu. Gambar 5 menunjukkan hasil korelasi pembacaan sensor pH dengan alat ukur standar pH Meter.

Gambar 5. Perbandingan nilai sensor pH dengan alat ukur pH Meter

Dari Gambar 5 terdapat perbedaan hasil pembacaan pengukuran antara sensor dan alat ukur standar, selisih tersebut kemudian dibandingkan untuk mendapatkan persamaan koreksi kalibrasi. Berdasarkan hasil perhitungan, persamaan koreksi $1,1109x + 0,7997$ dapat digunakan untuk mengkalibrasi pengukuran sensor pH dengan nilai R^2 yang tinggi (0,9906). Setelah persamaan koreksi dimasukkan ke dalam algoritma, pengujian dilakukan kembali pada sensor dan dibandingkan dengan pH meter standar sehingga diperoleh nilai seperti pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kinerja pengukuran oleh sensor setelah persamaan koreksi (PH) dimasukkan pada algoritma

No	Sensor PH	PH meter	Galat
1	3,9	3,9	0,0
2	4,2	4,2	0,0
3	4,4	4,4	0,0
4	5,6	5,6	0,0
5	6,0	6,0	0,0
6	7,3	7,3	0,0
7	7,4	7,4	0,0
8	7,8	7,8	0,0
9	8,1	8,1	0,0
10	8,2	8,2	0,0
Galat rata-rata			0,0
Standar deviasi			0,0

Tabel 2 menunjukkan bahwa telah terjadi perbaikan performa galat dari persamaan yang telah dimasukkan ke dalam algoritma.

Akurasi sensor selanjutnya adalah sensor TDS yang diperoleh dengan membandingkan hasil pembacaan sensor TDS dengan alat ukur standar TDS Meter tipe COM-80 (Hydrotester) dengan akurasi pembacaan $\pm 2\%$. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan pembacaan sensor TDS dengan alat ukur terstandart (TDS Meter)

No	Sensor TDS (ppm)	TDS meter (ppm)	Galat (ppm)
1	107	104	3
2	119	109	10
3	170	161	9
4	196	209	13
5	309	320	11
6	409	368	41
7	613	630	17
Galat rata-rata			15
Standar deviasi			12

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa pembacaan sensor TDS memiliki perbedaan nilai pembacaan dengan alat ukur standar. Besarnya galat rata-rata adalah 15 ppm dan deviasi 12 ppm. Dengan demikian untuk meningkatkan nilai akurasi maka diperlukan persamaan koreksi. Gambar 6 menunjukkan hasil korelasi pembacaan sensor TDS dengan alat ukur standar.

Berdasarkan hasil perhitungan, persamaan koreksi $1,0128x - 6,6605$ dapat digunakan untuk mengkalibrasi hasil pengukuran sensor TDS dengan nilai R^2 yang sangat tinggi yaitu 0,9889.

Gambar 5. Perbandingan nilai sensor TDS dengan alat ukur TDS Meter

Persamaan koreksi ini dimasukkan kedalam algoritma sehingga diperoleh nilai seperti pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kinerja pengukuran oleh sensor setelah persamaan koreksi(TDS) ditambahkan pada algoritma

No	Sensor TDS	TDS meter	Galat
1	192	183	9,0
2	210	201	9,0
3	295	286	9,0
4	371	362	9,0
5	434	425	9,0
6	577	568	9,0
7	621	612	9,0
Galat rata-rata			9,0
Standar deviasi			0,0

Tabel 4 menunjukkan bahwa penambahan faktor koreksi pada algoritma meningkatkan akurasi dimana nilai rata-rata galat menjadi lebih kecil dari sebelumnya.

Akurasi sensor selanjutnya yang diukur adalah sensor suhu air DS18B20. Besarnya nilai galat diperoleh dengan membandingkan hasil pembacaan sensor suhu dengan alat ukur standar thermometer (termometer air raksa dengan akurasi pembacaan 1 °C) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan pembacaan sensor DS18B20 dengan alat ukur standar (Termometer air raksa)

Ulangan	Sensor suhu air (°C)	Alat ukur Termometer (°C)	Galat (°C)
1	26,99	27	0,01
2	26,88	27	0,12
3	27,00	27	0,00
4	28,31	28	0,31
5	28,42	28	0,42
6	28,58	28	0,58
7	28,67	28	0,67
8	28,69	28	0,69
9	28,69	28	0,69
10	28,97	28	0,97
Galat rata-rata			0,45
Standar deviasi			0,33

Dari Tabel 5 terlihat bahwa pembacaan sensor suhu air DS18B20 memiliki perbedaan nilai pembacaan dengan alat ukur standar sehingga diperlukan koreksi. Besarnya galat rata-rata dan deviasinya adalah $0,45 \pm 0,33$. Dengan demikian perhitungan korelasi dilakukan untuk meningkatkan akurasi pembacaan menggunakan suatu persamaan. Gambar 7 menunjukkan hasil korelasi pembacaan sensor suhu air DS18B20 dengan alat ukur standar.

Dari Gambar 7. Berdasarkan hasil perhitungan, persamaan koreksi $0,5739x + 11,562$ dapat digunakan untuk mengkalibrasi pengukuran sensor TDS dengan nilai R^2 yang tinggi (0.9537).

Gambar 6. Perbandingan nilai sensor suhu air DS18B20 alat ukur Termometer

Setelah persamaan koreksi ini dimasukkan kedalam algoritma, performa sensor menunjukkan hasil yang lebih baik dimana galatnya mendekati 0 seperti yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kinerja pengukuran oleh sensor setelah persamaan koreksi (Suhu air) ditambahkan pada algoritma

No	Sensor suhu (°C)	Termometer raksa (°C)	Galat
1	19,04	19	0,0
2	20,03	20	0,0
3	21,04	21	0,0
4	23,02	23	0,0
5	24,01	24	0,0
6	25,08	25	0,1
7	26,03	26	0,0
8	26,04	26	0,0
9	27,02	27	0,0
10	28,01	28	0,0
Galat rata-rata			0,0
Standar deviasi			0,0

Repeatability / Pengulangan

Repeatability atau pengulangan diujicobakan pada sensor cahaya dan sensor ultrasonik, pengambilan sampel data dilakukan sebanyak 10 kali. Pada uji coba sensor cahaya data diambil setiap 5 menit dengan perolehan data seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Percobaan pembacaan sensor cahaya untuk menentukan pengulangan sensor cahaya

Ulangan	Pembacaan sensor cahaya (Lux)
1	236
2	236
3	236
4	237
5	237
6	236
7	236
8	236
9	236
10	236
Rata-rata	236,2
Standar deviasi	0,4

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa didapatkan nilai rata-rata hasil pembacaan sensor dengan 10 kali pengulangan setiap 5 menit adalah 236,2 Lux dengan nilai deviasi 0,4 Lux. Ini menunjukkan sensor telah memiliki tingkat stabilitas dan presisi tinggi yang ditunjukkan dengan nilai deviasi yang kecil.

Pada uji coba sensor jarak data diambil setiap 5 menit dengan perolehan data seperti pada Tabel 8. Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa didapatkan nilai rata-rata hasil pembacaan sensor dengan 10 kali pengulangan setiap 5 menit adalah 14,72 cm dengan nilai deviasi 0,03 cm. Nilai deviasi ini sangat kecil yang artinya kinerja sensor jarak telah mampu mengukur jarak tinggi permukaan air secara stabil dengan tingkat kepresisian yang tinggi.

Tabel 8. Percobaan pembacaan sensor jarak untuk menentukan pengulangan sensor jarak

Ulangan	Jarak (cm)
1	14,62
2	14,74
3	14,74
4	14,72
5	14,74
6	14,71
7	14,74
8	14,72
9	14,74
10	14,72
Rata-rata	14,72
Standar deviasi	0,03

Kinerja Lapang Sistem Deteksi dan Pemantauan Kualitas air Akuaponik

Kinerja sistem pada pengujian lapang ditunjukkan dengan hasil perekaman data selama sekitar 24 jam pada kolam percobaan tanpa ikan. Hasil perekaman data disajikan pada Gambar 8 sedangkan tampilan data pada perangkat *Android* dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 7. Hasil perekaman data pada sistem monitoring kualitas air

Berdasarkan Gambar 8, terlihat bahwa profil nilai pH cukup stabil pada kisaran 6.5, sementara itu nilai suhu terjadi perubahan yang mana ini terjadi karena kolam diletakkan di luar bangunan sehingga dipengaruhi oleh kondisi udara lingkungan. Perekaman dimulai dari pagi sekitar jam 8 sehingga suhu air terlihat naik hingga tengah hari kemudian turun disebabkan matahari tergelincir hingga kembali menuju waktu pagi hari. Sementara pada sensor TDS dapat dikatakan cukup stabil. Adapun adanya perubahan-perubahan disebabkan akurasi sensor yang memiliki galat pengukuran sebesar 15 ppm. Namun nilai galat ini cukup

kecil pada kasus pengukuran nilai TDS karena skala pengukurannya yang memang cukup besar.

Gambar 8. Tampilan sistem monitoring dengan aplikasi *Blynk* pada *Android*

KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil didesain dan dikonstruksi sistem deteksi dan monitoring kualitas air pada akuaponik, alat ini dilengkapi dengan sensor terintegrasi berupa sensor pH, TDS, suhu air (DS18B20), intensitas cahaya LDR dan jarak permukaan air kolam (sensor ultrasonik). Sensor pH dan TDS diposisikan terpisah dimana sensor pH menerima input air dengan memanfaatkan sistem tetes untuk menghindari interferensi antar sensor. Berdasar hasil pengujian dan analisa terhadap masing-masing sensor yang telah dibandingkan dengan alat ukur standar, diperoleh nilai galat sensor pH sebesar 0,3, sensor TDS sebesar 15 ppm dan sensor suhu air DS18B20 sebesar 0,45 °C. Pembacaan sensor pH dan TDS tersebut memiliki akurasi yang tinggi dan tidak saling mempengaruhi pembacaan karena penggunaan sistem pembacaan yang terpisah yang mana jika posisi sensor digabung pada satu wadah, sensor pH dan TDS saling mempengaruhi nilai pembacaannya, sehingga nilai pengukuran keduanya jauh dari nilai sebenarnya yaitu galat sensor pH sebesar 1 dan sensor TDS sebesar 20,4 ppm. Untuk pengujian sensor intensitas cahaya pada pengulangan setiap 5 menit diperoleh nilai sebesar 236,2 Lux dan nilai deviasi yang sangat kecil yaitu 0,4 Lux, sedangkan untuk sensor jarak diperoleh nilai rata-rata pembacaan sebesar 14,72 cm dan nilai deviasi sebesar 0,03 cm. Secara keseluruhan, sistem telah mampu mendeteksi dan menampilkan kualitas air *secara real time* menggunakan aplikasi *Blynk*, dimana aplikasi *Blynk* ini mengambil data dari internet dan dapat dimonitoring melalui *Android* dari jarak jauh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan pihak-pihak yang terlibat penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ade, S. H. dan A. P. Sujana. 2019. Implementasi sistem akuaponik berbasis *Android*. *Komputika: Jurnal Sitem Komputer*, 8(1): 1–6.

- Alberto, R. dan H. Cordova. 2017. Rancang Bangun sistem Pengendali Kadar oksigen Terlarut Dengan Algoritma Fuzzy Logic Controller Pada Budidaya Akuaponik. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2): 646-650.
- Bentley, P. 2005. *Principles of Measurement Systems*, Fourth. Prentice Hall, New Jersey.
- Boyd, C. E., dan V. K. Pillai. 1984. *Water Wuality Management in Aquaculture*. CMFRI Special Publication.
- Ciptadi, P. W. dan R. H. Hardyanto. 2018. Penerapan Teknologi IoT pada Tanaman Hidroponik menggunakan Arduino dan Blynk *Android*. *Jurnal Dinamika Informatika*, 7(2): 29-40.
- Haqim, K. R., A. G. Permana, dan U. Sunarya. 2018. Perancangan Web Monitoring Dan Kontriling Aquaponic Untuk Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet Of Things. *E-Proceeding of Applied Science*, 4(3): 2786-2808.
- Ibadarrohman, I., N. S. Salahuddin, dan A. Kowanda. 2018. Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik berbasis *Android*. *Konferensi Nasional Sistem Informasi STIMIK Atma Luhur Pangkalpinang*, 8-9 Maret 2018: 177-182.
- Ipriadi, G. W. Nurcahyo, dan J. Santony. 2019. Pendeteksi Volume Air Secara Otomatis Menggunakan Fuzzy. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 3(1): 11-16.
- Islam, T. 2019. Linearization of the sensors characteristics: a review. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 12(1): 1-21.
- Karsono, S. 2002. *Hidroponik Skala Rumah Tangga*. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Kuala, S. I., Y. H. Siregar, dan N. D. Susanti. 2019. Sistem Kendali Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS) pada Larutan Nutrisi Menggunakan CCT53200E. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 13(1): 22-32.
- Maulana, I. F., A. G. Permana, dan U. Sunarya. 2018. Rancang bangun aquaponic untuk budidaya ikan lele berbasis mikrokontroller. *E-Proceeding of Applied Science*, 4(3): 2876-2886.
- Nugraha, A. dan M. N. Ramadhan. 2018. *Pengukuran Teknik dan Instrumentasi*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- Prayitno, W. A., A. Muttaqin, dan D. Syauby. 2012. Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk *Android*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(4): 292-297.
- Rahayuningtyas, A., N. D. Susanti, E. K. Pramono, Y. H. Siregar, A. Sitorus, dan D. Sagita. 2020. Rancang bangun hand sanitizer otomatis dan sistem monitoring jarak jauh dalam upaya mengurangi penyebaran COVID 19. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2): 320-330.
- Sari, I. G. 2014. *Budidaya Ikan dan Tanaman dengan Sistem Akuaponik*. Universitas Jendral Soedirman. Banyumas.
- Sastro, Y. 2015. Akuaponik: Budidaya Tanaman Terintegrasi Dengan Ikan , Permasalahan Keharaan dan Strategi Mengatasinya. *Buletin Pertanian Perkotaan*, 5(1): 33-42.
- Sotyhadi, Surya, W., dan I. K. Somawirata. 2020. Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Alinier*, 1(1): 5-6.
- Sriani, S. 2019. Pemanfaatan Sistem Pengendali Water Level Control Untuk Budidaya Ikan Gurame Pada Kolam Terpal Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler. *Elkawanie*, 5(1).
- Su, X., L. Sutarlie, dan X. J. Loh. 2020. *Review Article Sensors , Biosensors , and Analytical Technologies for Aquaculture Water Quality*. 2020:8272705.