

SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Muhammad Adhe Irwansyah^{*1}, Muhammad Sadly Said², Andi Muh. Islah³

^{1,2,3}Program Studi Sistem Komputer, STMIK Catur Sakti Kendari

e-mail: ¹adheirwansyah87@gmail.com, ²sad301@gmail.com, ³andiislah@gmail.com

Dalam budidaya perikanan air tawar, kualitas air sangat penting karena mempengaruhi siklus hidup ikan. Air harus jernih, bebas pencemaran, dan memenuhi standar fisik serta kimia seperti pH dan kekeruhan (turbidity). Ketidakseimbangan pH dapat menyebabkan stres pada ikan, sedangkan kekeruhan tinggi dapat mengindikasikan partikel atau senyawa kimia berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis IoT, dengan fokus pada pH dan kekeruhan. Metode pengembangan yang digunakan adalah metode waterfall. Hasil menunjukkan korelasi sangat lemah ($r = 0,203$) antara kekeruhan dan pH, menandakan keduanya cenderung beroperasi independen. Pengujian di dua kolam ikan menunjukkan peningkatan pH di siang hari, dengan sensor pH memiliki error 1,44% hingga 3,78%.

Kata Kunci— Internet of things, Keasaman, Kekeruhan, Kualitas air.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi manusia yang pesat dan peningkatan kesadaran akan pentingnya pemenuhan kebutuhan pangan telah mendorong perkembangan sektor perikanan, khususnya perikanan air tawar. Produksi ikan air tawar mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun. Dari data BPS (Badan Pusat Statistik) kota bandar lampung pada tahun 2019, produksi ikan air tawar mencapai 115,55 ton. Kemudian, dalam dua tahun berikutnya, produksi terus meningkat secara konsisten, mencapai 153,60 ton pada tahun 2021 [1]. Peningkatan ini menunjukkan pertumbuhan yang pesat dalam sektor perikanan air tawar. Budidaya ikan air tawar menjadi salah satu sektor yang strategis dalam memenuhi kebutuhan protein hewani bagi masyarakat. Namun, dengan pertumbuhan industri perikanan yang pesat, muncul tantangan baru terkait pemantauan kualitas air di dalam kolam budidaya. Peningkatan permintaan ikan air tawar sebagai sumber pangan telah mendorong pertumbuhan sektor ini. Namun, untuk memastikan keberhasilan budidaya ikan, kualitas air yang optimal perlu dijaga.

Dalam bidang budidaya perikanan air tawar kualitas air memegang peranan penting karena seluruh siklus hidup biota yang dipelihara berada dalam air, selain air harus

jernih, bebas pencemaran, air yang dikhususkan untuk budidaya harus pula memperhatikan fisik dan kimia air tertentu [2]. Seperti dua parameter kualitas air yaitu adalah tingkat keasaman (pH) dan kekeruhan. Tingkat keasaman (pH) dan kekeruhan adalah dua parameter kunci yang secara langsung mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan ikan, pH yang tidak seimbang dapat menyebabkan stres pada ikan dan mengganggu proses biologis mereka, sementara kekeruhan yang tinggi dapat menandakan keberadaan partikel atau senyawa kimia berbahaya yang dapat merusak ekosistem kolam [3]. Senyawa kimia yang berbahaya dalam ekosistem kolam ikan air tawar yang disebutkan dalam jurnal penelitian Meilinda pramleonita adalah amonia (NH_3) kadar amonia yang tinggi di dalam kolam bisa sangat merusak kesehatan ikan dan kualitas air, amonia berasal dari sisa metabolisme ikan dan meningkat terutama karena aktivitas pakan yang tinggi serta limbah peternakan di sekitar sumber air [4]. Dari Balai Pengembangan Teknologi Perikanan Budidaya (BPTB) menjelaskan bahwa jika pH tinggi menyebabkan kandungan amonia (NH_3) tinggi, amonia yang tinggi mempunyai daya racun yang tinggi, mudah menembus membran sel, dan menyebabkan kematian pada ikan [5]. Amonia yang tinggi memiliki daya racun yang kuat dan mudah menembus membran sel ikan, menyebabkan kerusakan jaringan yang serius. Kerusakan ini membuka pintu bagi infeksi bakteri seperti *Flavobacterium columnare* yang kemudian memicu penyakit Columnaris, penyakit ini merupakan salah satu penyakit bakteri terpenting dari spesies ikan air tawar, timbul penyakit Columnaris ditandai dengan infeksi eksternal di permukaan tubuh ikan, insang, atau sirip [6].

Kekeruhan air bukan hanya menggambarkan karakteristik air yang berpotensi berbahaya, tetapi juga dapat menimbulkan dampak merugikan, terutama jika terdapat senyawa kimia berbahaya, oleh karena itu sangat penting untuk memberikan perhatian khusus terhadap kualitas air, memastikan bahwa air yang digunakan aman dan memenuhi standar keamanan untuk mendukung kehidupan dan kesehatan ikan [7]. Dalam konteks ini, parameter tingkat kekeruhan air menjadi salah satu aspek kunci yang harus dipertimbangkan dalam mengevaluasi kesesuaian air untuk berbagai keperluan.

Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring kualitas air memberikan keuntungan

signifikan. Sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengumpulan dan pemantauan data secara otomatis tanpa memerlukan campur tangan manusia secara langsung. Pemantauan yang dilakukan oleh pembudidaya ikan air tawar yaitu dengan cara melakukan observasi visual. Observasi visual atau melihat secara langsung pada kolam budidaya yang melibatkan kegiatan seperti memeriksa warna, kejernihan, dan kebersihan air tanpa melibatkan alat bantu. Meskipun pemantauan dengan cara tersebut sudah umum dilakukan, pendekatan ini cenderung lamban, kurang akurat, dan tidak efisien untuk mendeteksi perubahan kondisi air secara *real-time*. Oleh karena itu, pembuatan sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis *internet of things* (IoT) yang fokus pada parameter keasaman dan kekeruhan dianggap sebagai langkah inovatif untuk meningkatkan efisiensi pemantauan kualitas air.

II. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Studi literatur dilakukan untuk mengkaji teori-teori relevan yang mendukung dalam perencanaan dan perancangan sistem. Proses ini mencakup pencarian referensi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, skripsi, dan data sheet. Setelah literatur terkumpul, dilakukan analisis mendalam dan perbandingan untuk menyempurnakan penelitian ini dengan memanfaatkan temuan serta kontribusi penelitian sebelumnya. Selain itu, peneliti juga melakukan observasi sebagai pendekatan utama dalam pengumpulan data. Observasi ini memungkinkan peneliti untuk secara langsung mengamati dan mencatat peristiwa, proses, dan respons dalam konteks sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis *Internet of Things* (IoT).

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Amokuni, Kecamatan Ranomeeto Barat, Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara.

2. Jenis Dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif berupa nilai numerik seperti tingkat keasaman (pH) dan tingkat kekeruhan (turbidity). Sumber data utama diperoleh langsung dari sensor pH dan sensor turbidity, yang disebut sebagai data primer dan memberikan informasi langsung terkait kondisi air yang diamati. Selain data primer, sejumlah data juga diperoleh secara daring melalui internet, dengan fokus pada topik penelitian ini. Setelah mengidentifikasi referensi yang relevan, penulis menyeleksi informasi-informasi penting untuk mendukung penelitian ini. Dalam penelitian ini, variabel bebas (independent) adalah kekeruhan (X), yang mempengaruhi variabel terikat (dependent), yaitu pH (Y).

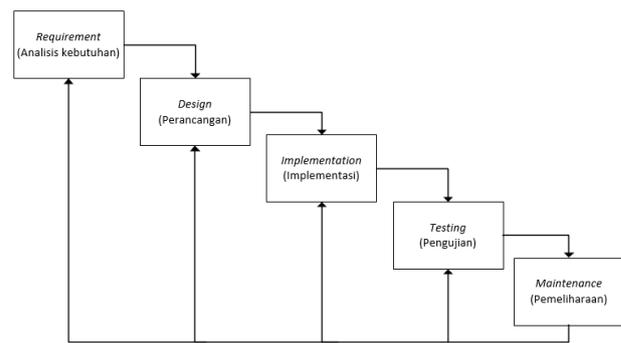
3. Metode Pengumpulan Data

Dalam rangka pengumpulan data untuk penelitian ini, peneliti akan melakukan observasi. Observasi, yang mengandalkan pengamatan langsung pada obyek penelitian, menjadi pendekatan yang dipilih guna mendapatkan informasi yang akan diteliti. Pendekatan observasi ini memungkinkan peneliti untuk secara langsung mengamati dan mencatat peristiwa, proses, dan

respons yang terjadi dalam konteks sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis *Internet of Things* (IoT).

B. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode *waterfall* sebagai kerangka utama untuk menjalankan proses pengembangan. Metode *waterfall* dipilih untuk memberikan struktur yang terorganisir dan tahap-tahap yang jelas dalam pelaksanaan penelitian, memastikan kelancaran dan keteraturan selama setiap fase pengembangan. Alur metode penelitian *waterfall* dapat dilihat pada gambar 1.

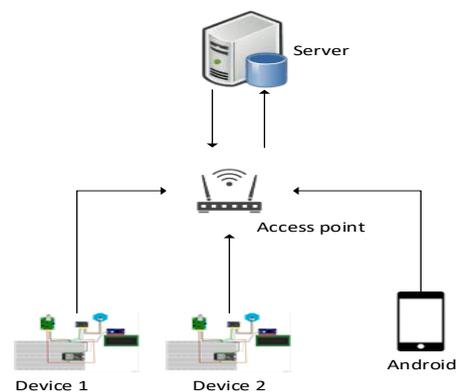


Gambar 1. Metode Waterfall

C. Requirement (Analisis Kebutuhan)

Dalam rangka menciptakan solusi yang efektif dan berdaya guna, pemahaman yang komprehensif terhadap kebutuhan yang akan dipenuhi oleh sistem menjadi hal yang sangat penting. Penelitian ini akan mengawali analisis kebutuhan dengan merinci kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis *Internet of Things* (IoT).

D. Design (Perancangan)



Gambar 2. Arsitektur Sistem

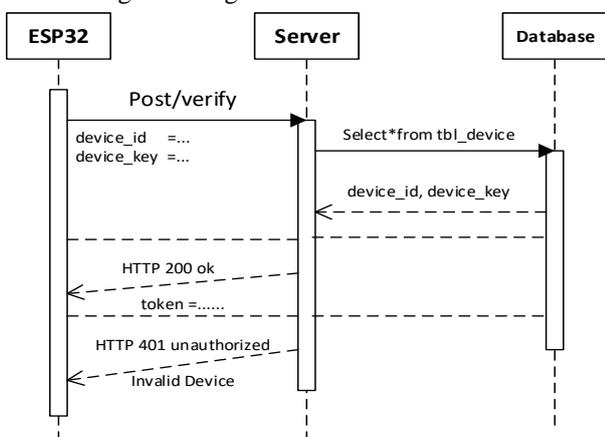
Dalam arsitektur sistem ini, menjelaskan secara umum arsitektur sistem yang dirancang untuk monitoring kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis IoT. Sistem ini terdiri dari beberapa entitas utama, termasuk server, access point, dua device (device 1 dan device 2), dan aplikasi android.

Ilustrasi sistem dimulai dengan pengumpulan data pH dan turbidity (kekeruhan) dari kedua device. Sensor-sensor yang terpasang pada masing-masing device

mengakuisisi data ini, dan data kemudian dikirimkan ke server melalui jaringan lokal. Server berfungsi sebagai pusat pengolahan data, menggunakan bahasa pemrograman PHP untuk mengelola interaksi dengan database MySQL. Apache digunakan sebagai server web untuk menyediakan layanan web yang diperlukan.

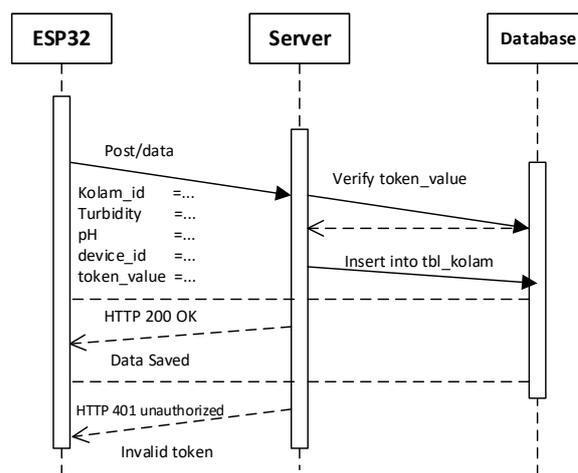
Setelah data terkumpul dan diolah di server, aplikasi android meminta data dari server. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan android Studio dengan menggunakan bahasa pemrograman Java. Aplikasi android menjadi antarmuka pengguna yang memudahkan pengguna untuk memonitor kualitas air dengan mudah dan real-time. Pada sisi perangkat keras, perangkat ESP32 yang terprogram menggunakan Arduino IDE bertindak sebagai perangkat pengumpul data di lapangan. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C/C++ untuk memprogram mikrokontroler ESP32.

1. Perancangan Perangkat Lunak Server



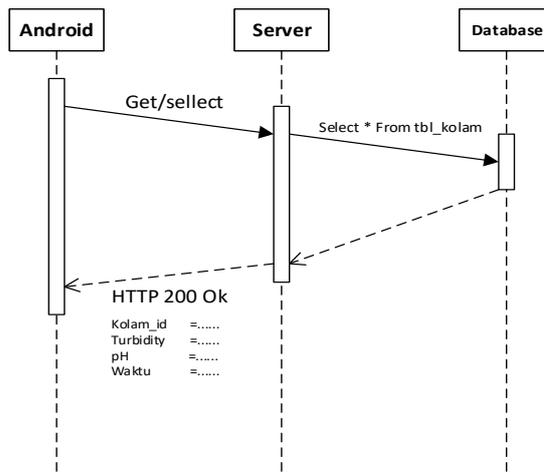
Gambar 3. Sequence Diagram Verifikasi Client Esp32 Ke Server

Pada Gambar 3 di atas, terdapat proses komunikasi antara client ESP32 dan server, proses ini dilakukan hanya sekali saat sistem pertama kali dinyalakan atau proses ini terjadi ditahap setup. Sebelum client melakukan pengiriman data berupa nilai pH dan turbidity, diperlukan proses verifikasi perangkat terlebih dahulu untuk memastikan bahwa tidak ada data palsu yang masuk ke dalam database. Setelah verifikasi berhasil, server akan memberikan token ke client. Proses ini memastikan bahwa hanya perangkat yang terverifikasi yang dapat mengirimkan data. Tahap selanjutnya dari proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sequence Diagram Client Esp32 Ke Server

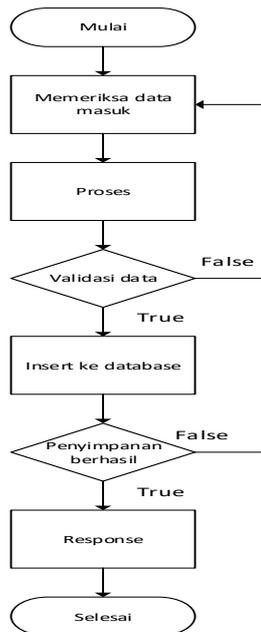
Gambar 4 menunjukkan proses ketika client ESP32 melakukan pengiriman data (post) setelah verifikasi dan memperoleh token dari server. Setelah client ESP32 mengirimkan data, server akan memverifikasi token yang diberikan untuk memastikan kesesuaiannya dengan token yang tersimpan di database. Jika token tidak sesuai, client ESP32 akan dilarang mengirimkan data. Sebaliknya, jika token valid, client ESP32 diizinkan untuk mengirimkan data ke server.



Gambar 5. Sequence Diagram Android Ke Server

Proses komunikasi antara android dan server dimulai saat Android mengirimkan permintaan (request) ke server. Permintaan ini dapat berupa operasi seperti mengambil data pH, turbidity, id_perangkat, dan waktu dari database. Setelah menerima permintaan, server memprosesnya dengan berinteraksi dengan database untuk mendapatkan data yang diminta. Data tersebut kemudian dikirimkan kembali ke android sebagai response dari server.

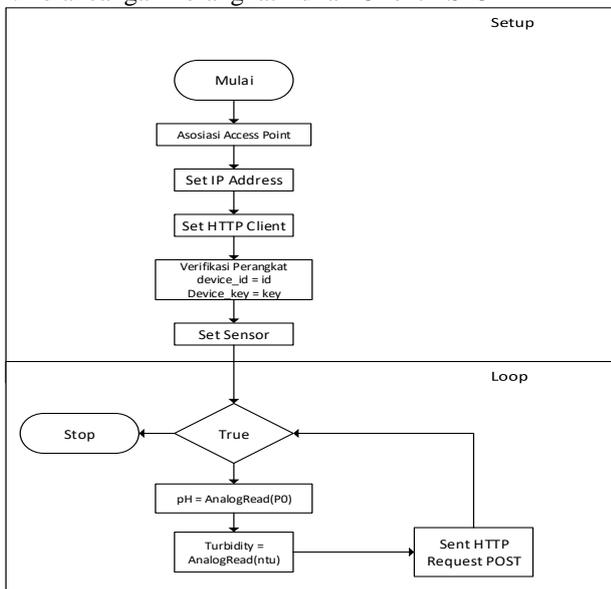
Perancangan perangkat lunak server seperti penjelasan sequence diagram diatas bahwa fokus utamanya adalah menerima request dari client. Adapun pada flowchart pada gambar 10 akan menggambarkan dengan jelas alur kerja dari memeriksa data yang masuk hingga penyimpanan data ke database, serta response yang diberikan kepada client.



Gambar 6. Flowchart Insert Perangkat Lunak Server

Gambar 6 di atas menggambarkan proses penerimaan request untuk insert data ke dalam database. Flowchart pada gambar 6 ini menunjukkan alur kerja server dalam memasukkan data ke database. Dimulai dengan pemeriksaan dan pemrosesan data, lalu dilanjutkan dengan validasi. Jika validasi berhasil, data disimpan ke database dan server mengirimkan respons ke client. Jika ada kesalahan, proses kembali ke langkah sebelumnya.

2. Perancangan Perangkat Lunak Client ESP32



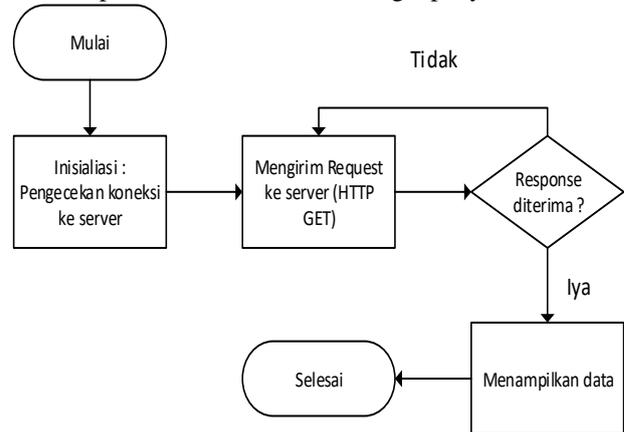
Gambar 7. Flowchart Perangkat Lunak Client ESP32

Pada perancangan perangkat lunak client Esp32 dibagi menjadi 2 tahap yaitu 'setup' dan 'loop'. Fungsi 'setup' digunakan untuk melakukan inisialisasi dan konfigurasi awal saat program pertama kali dijalankan. Pentingnya fungsi 'setup' terletak pada fakta bahwa kode di dalamnya hanya dieksekusi sekali pada awal program berjalan. Di sisi lain, fungsi 'loop' adalah tempat di mana program utama berlangsung. Semua operasi inti dan logika kontrol program ditempatkan di dalam fungsi 'loop'. Setelah fungsi 'setup' selesai dieksekusi, kendali program

berpindah ke fungsi 'loop' dan akan terus berulang secara terus-menerus selama perangkat tetap aktif.

3. Perancangan Perangkat Lunak Client Android

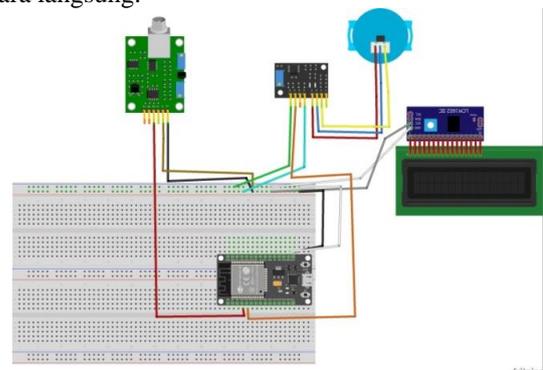
Pada tahap ini, Android mengirim request berupa GET ke server kemudian android menerima response dari server yang berisi data kualitas air yang diambil dari database. Android kemudian memproses data tersebut untuk ditampilkan pada antarmuka pengguna. Selama proses ini, komunikasi antara android dan server menggunakan protokol HTTP, dengan Android sebagai inisiator permintaan dan server sebagai penyedia data.



Gambar 8 Flowchart Perangkat Lunak Android

4. Perancangan Perangkat Keras

Pada tahap ini, peneliti akan membuat rancangan komponen fisik dari sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan air tawar. Rancangan perangkat keras ini mencakup pemilihan dan penempatan komponen-komponen utama yang akan membentuk inti dari sistem. ESP32 akan menjadi pusat kontrol sebagai mikrokontroler yang memiliki kemampuan WiFi dan dapat berintegrasi dengan berbagai sensor. Sensor pH akan diintegrasikan untuk mengukur tingkat keasaman air, sedangkan sensor turbidity akan digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Sebagai antarmuka visual, LCD 16x2 I2C akan dimanfaatkan untuk menyajikan data kualitas air secara langsung.



Gambar 9. Perancangan Perangkat Keras

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementation (Implementasi)

Implementasi perangkat keras mencakup pembuatan rangkaian yang diperlukan untuk sistem. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi menghubungkan sensor

pH dan turbidity serta LCD 16x2 ke ESP32 dengan menggunakan kabel jumper.



(a) (b)

Gambar 10. (a) Rangkaian Perangkat Keras (b) Isi Box Rangkaian

1. Kalibrasi Sensor Turbidity

Proses kalibrasi untuk sensor turbidity dilakukan dengan cara mengetahui berapa tegangan yang dikeluarkan oleh sensor turbidity untuk mendeteksi air jernih dan air yang sangat keruh. Pada tahap kalibrasi ini menggunakan 2 sampel air untuk mengkalibrasi sensor turbidity dengan sampel air jernih dan sampel air yang sangat keruh

Tabel 1. Rata-rata Tegangan Air Jernih

No.	Tegangan (V)
1.	1,71 V
2.	1,71 V
3.	1,73 V
4.	1,75 V
5.	1,73 V
6.	1,75 V
7.	1,73 V
8.	1,72 V
9.	1,75 V
10.	1,72 V
Rata-rata	1,73 V

Pada tabel 1 dalam sepuluh kali percobaan menggunakan sampel air jernih didapatkan rata-rata tegangan 1,73 V.

Tabel 2. Rata-rata Tegangan Air Sangat Keruh

No.	Tegangan (V)
1.	0,50 V
2.	0,51 V
3.	0,51 V
4.	0,50 V
5.	0,50 V
6.	0,51 V
7.	0,50 V
8.	0,50 V
9.	0,50 V
10.	0,51 V
Rata-rata	0,5 V

Pada tabel 2 diatas dalam sepuluh kali percobaan menggunakan sampel air yang sangat keruh didapatkan rata-rata tegangan 0,5 V. Setelah tegangan untuk air jernih dan air sangat keruh diketahui maka kedua nilai tegangan tersebut dijadikan sebagai nilai kalibrasi pada kode program untuk sensor turbidity.

2. Kalibrasi Sensor pH

Dari studi literatur yang dilakukan didapatkan bahwa dalam melakukan kalibrasi sensor pH untuk mengetahui nilai pH = 7 tegangan yang dikeluarkan oleh sensor harus 2,5 V.

Tabel 3. Rata-rata Tegangan pH 7

No.	Tegangan (V)
1.	2,50 V
2.	2,50 V
3.	2,51 V
4.	2,50 V
5.	2,50 V
6.	2,50 V
7.	2,50 V
8.	2,51 V
9.	2,50 V
10.	2,50 V
Rata-rata	2,50 V

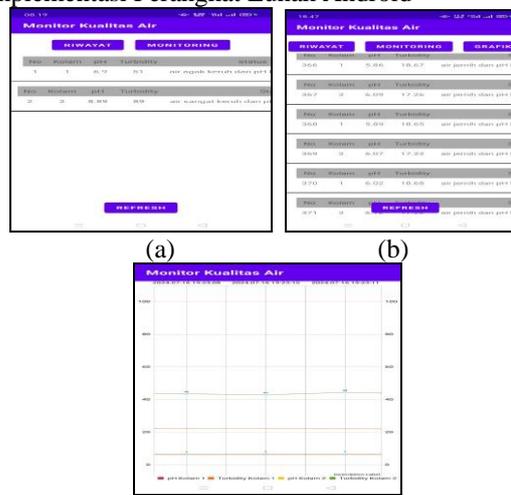
Setelah tegangan didapatkan menjadi 2,50 V untuk pH = 7. Selanjutnya proses kalibrasi dengan air yang memiliki pH = 4. Untuk mengetahui tegangan yang dikeluarkan untuk air pH = 4 maka harus menggunakan bubuk pH powder untuk membantu proses kalibrasi.

Tabel 4. Rata-rata Tegangan pH 4

No.	Tegangan (V)
1.	3,30 V
2.	3,30 V
3.	3,30 V
4.	3,30 V
5.	3,30 V
6.	3,30 V
7.	3,30 V
8.	3,30 V
9.	3,30 V
10.	3,30 V
Rata-rata	3,30 V

Pada tabel 4 didapatkan rata-rata tegangan untuk pH 4 adalah 3,30 V. Setelah itu karena nilai tegangan untuk pH 7 dan pH 4 diketahui maka kedua nilai tegangan tersebut dijadikan sebagai nilai kalibrasi pada kode program untuk sensor pH.

3. Implementasi Perangkat Lunak Android



(a) (b) (c)

Gambar 11. (a) Tampilan Menu Monitoring (b) Tampilan Menu Riwayat (c) Tampilan Grafik

Gambar 11 (a) menunjukkan menu monitoring di aplikasi Android yang menampilkan nomor kolom, nilai

kekeruhan (turbidity), nilai pH, status air, serta waktu pengambilan data secara real-time. Gambar (b) menampilkan menu riwayat yang memperlihatkan seluruh data yang tersimpan di database untuk melihat riwayat pemantauan. Sedangkan gambar (c) menunjukkan menu grafik yang berfungsi menampilkan grafik pemantauan kualitas air.

B. Testing (Pengujian)

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi apakah sistem yang telah dibangun sesuai dan berfungsi dengan baik. Pengujian mencakup semua komponen utama, mulai dari sensor turbidity, sensor pH, dan pengujian sistem.

C. Pengujian Sensor Turbidity

Pengujian sensor turbidity dilakukan dengan menggunakan 2 sampel air yaitu air jernih dan air sangat keruh.

Tabel 5. Pengujian Sampel Air Jernih

No.	Tegangan (Volt)	Nilai Kekekruhan (NTU)
1.	1,71	1,43
2.	1,71	1,89
3.	1,71	1,69
4.	1,71	2,02
5.	1,70	2,15
6.	1,72	0,57
7.	1,71	1,30
8.	1,71	1,95
9.	1,71	1,23
10.	1,71	2,02
Rata-rata	1,71	1,62

Dari tabel 5 setelah dilakukan 10 kali percobaan pada sampel air jernih didapatkan dengan nilai NTU rata-rata 1,62 dengan nilai tegangan rata-rata 1,71 Volt. Setelah itu dilakukan pengujian menggunakan sampel air sangat keruh.

Tabel 6. Pengujian Sampel Air Sangat Keruh

No.	Tegangan (Volt)	Nilai Kekekruhan (NTU)
1.	0,53	97,61
2.	0,53	97,34
3.	0,57	94,53
4.	0,54	97,08
5.	0,57	94,66
6.	0,56	95,15
7.	0,57	94,53
8.	0,54	97,02
9.	0,53	97,28
10.	0,51	99,11
Rata-rata	0,54	96,43

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa setelah melakukan percobaan menggunakan sensor turbidity sebanyak 10 kali diperoleh nilai kekeruhan (NTU) dengan rata-rata 96,43 dan nilai tegangan dengan rata-rata 0,54 Volt.

D. Pengujian Sensor pH

Proses Pengujian sensor pH dilakukan dengan menggunakan 2 sampel air yaitu air dengan pH 4 dan pH 6,86. Untuk mendapatkan pH 4 dan pH 6,86 harus menggunakan pH Buffer Powder agar mendapatkan air dengan kadar pH yang diperlukan. Selain itu dalam pengujian sensor pH peneliti menggunakan pH meter untuk membandingkan pengukuran kadar pH dengan sensor pH 4502C yang digunakan.

Tabel 7. Pengujian Sampel Air pH 4

No.	Tegangan (Volt)	Sensor pH (Modul Tugas Akhir)	pH Meter
1.	3,30	4,00	4,00
2.	3,30	4,00	4,00
3.	3,30	4,00	4,00
4.	3,30	4,00	4,00
5.	3,30	4,00	4,00
6.	3,30	4,00	4,00
7.	3,30	4,00	4,00
8.	3,30	4,00	4,00
9.	3,30	4,00	4,00
10.	3,30	4,00	4,00
Rata-rata	3,30	4,00	4,00

Dari hasil percobaan pada tabel 7 yang dilakukan sebanyak 10 kali didapatkan pH untuk sampel air pH 4 dengan rata-rata tegangan 3,30 Volt pada sensor pH dengan rata-rata pH = 4. Jika dibandingkan dengan pH meter nilai pH yang dideteksi oleh sensor memiliki nilai yang sama yaitu 4,00.

Tabel 8. Pengujian Sampel Air pH 6,86

No.	Tegangan (Volt)	Sensor pH (Modul Tugas Akhir)	pH Meter
1.	2,63	6,87	6,86
2.	2,63	6,87	6,86
3.	2,60	6,99	6,86
4.	2,64	6,79	6,86
5.	2,64	6,79	6,86
6.	2,64	6,80	6,86
7.	2,65	6,78	6,86
8.	2,63	6,87	6,86
9.	2,61	6,92	6,86
10.	2,61	6,93	6,86
Rata-rata	2,62	6,86	6,86

Pada tabel 8 adalah hasil percobaan yang dilakukan sebanyak 10 kali. Didapatkan pH untuk sampel air pH 6,86 dengan rata-rata tegangan 2,62 Volt pada sensor pH dengan rata-rata pH = 6,86.

E. Pengujian Korelasi

Pengujian korelasi dilakukan dengan menggunakan data pengujian dengan menggunakan 4 sampel air yaitu air jernih, air sangat keruh, air pH 4,00 dan air pH 6,86 untuk mengetahui apakah ada korelasi antara kedua variabel. Dapat dilihat pada tabel 10 untuk melakukan perhitungan variabel X dan Y agar dapat melihat koefisien korelasi.

Tabel 9 Perhitungan Variabel X dan Y

No.	Sampel	kekeruhan X	pH Y	X ²	Y ²	XY
1.	Air jernih	1,42	6,08	2,02	36,97	8,63
2.		1,45	6,09	2,10	37,09	8,83
3.		1,43	6,07	2,04	36,84	8,68
4.		1,42	6,05	2,02	36,60	8,59
5.		1,44	6,06	2,07	36,72	8,73
6.	Air sangat keruh	97,54	6,11	9514,05	37,33	595,97
7.		97,53	6,09	9512,10	37,09	593,96
8.		97,58	6,10	9521,86	37,21	595,24
9.		97,56	6,12	9517,95	37,45	597,07
10.		97,53	6,08	9512,10	36,97	592,98
11.	Air pH 4	1,45	4,00	2,10	16,00	5,80
12.		1,47	4,00	2,16	16,00	5,88
13.		1,49	4,00	2,22	16,00	5,96
14.		1,52	4,00	2,31	16,00	6,08
15.		1,51	4,00	2,28	16,00	6,04
16.	Air pH 6,86	1,53	6,76	2,34	45,70	10,34
17.		1,52	6,74	2,31	45,43	10,24
18.		1,55	6,78	2,40	45,97	10,51
19.		1,56	6,79	2,43	46,10	10,59
20.		1,55	6,77	2,40	45,83	10,49
Jumlah		510,05	114,69	47611,28	679,31	3100,62

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \quad (1)$$

Persamaan 1. Rumus Koefisien Korelasi [8]

$$r = \frac{20(3100,62) - (510,05)(114,69)}{\sqrt{20(47611,28) - (510,05)^2} \sqrt{20(679,31) - (114,69)^2}}$$

$$r = \frac{3514,77}{17298,93}$$

$$r = 0,203$$

Hasil analisis korelasi antara kekeruhan (NTU) variabel X dan pH variabel Y menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,203. Nilai ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang sangat lemah antara kedua variabel tersebut, hampir mendekati tidak ada hubungan sama sekali. Ini berarti perubahan dalam kekeruhan air tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap perubahan pH. Kedua parameter ini memang secara teoritis berbeda dan mengukur aspek kualitas air yang berbeda, di mana kekeruhan lebih berkaitan dengan partikel tersuspensi, sementara pH berhubungan dengan keasaman atau kebasaan air. Oleh karena itu, hasil ini menunjukkan bahwa kekeruhan dan pH cenderung bersifat independen satu sama lain dalam konteks pengujian yang telah dilakukan.

F. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk menguji keseluruhan sistem yang telah dibuat dengan cara menguji kualitas air pada kolam budidaya air tawar di desa amokuni. Dengan menggunakan sampel air kolam 1 dan kolam 2, karena device atau rangkaian alat yang digunakan ada 2 jadi dilakukan pengujian di 2 kolam sekaligus. Pada proses pengujian ini peneliti juga menggunakan pH meter untuk membandingkan nilai pH yang dideteksi oleh sensor pH 4502C.

G. Pengujian Kolam 1

Hasil pengujian pada kolam 1 dari jam 9 sampai 11 pagi dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 10. Pengujian Kolam 1 Pada Pagi Hari

Kolam 1					
No.	Turbidity (NTU)	Sensor pH	Status	Waktu	pH meter
1	18,67	5,87	Air jernih dan pH kurang baik	09.02.00	6,08
2	18,7	5,85	Air jernih dan pH kurang baik	09.03.00	6,08
3	18,67	5,88	Air jernih dan pH kurang baik	09.04.02	6,08
4	18,69	5,85	Air jernih dan pH kurang baik	10.06.00	6,08
5	18,65	5,83	Air jernih dan pH kurang baik	10.07.04	6,08
6	18,63	5,82	Air jernih dan pH kurang baik	10.08.05	6,08
7	18,68	5,87	Air jernih dan pH kurang baik	11.00.07	6,08
8	18,65	5,84	Air jernih dan pH kurang baik	11.01.09	6,08
9	18,68	5,88	Air jernih dan pH kurang baik	11.02.06	6,08
10	18,66	5,85	Air jernih dan pH kurang baik	11.03.09	6,08
Rata-rata	18,67	5,85			6,08

Dari tabel 10 pengukuran yang dilakukan dengan waktu yang berbeda dapat diketahui rata-rata kekeruhan adalah 18,67 NTU dan rata-rata pH dari sensor pH adalah 5,85 sedangkan dari pH meter adalah 6,08 sehingga didapatkan error untuk sensor pH yaitu :

$$Error (\%) = \left| \frac{6,08 - 5,85}{6,08} \right| \times 100\% = 3,78\%$$

Tabel 11. Pengujian Kolam 1 Pada Siang Hari

Kolam 1					
No.	Turbidity (NTU)	Sensor pH	Status	Waktu	pH meter
1	18,68	5,91	Air jernih dan pH kurang baik	12.00.29	6,08
2	18,67	5,89	Air jernih dan pH kurang baik	12.01.30	6,08
3	18,65	5,87	Air jernih dan pH kurang baik	12.02.29	6,08
4	18,68	6,02	Air jernih dan pH kurang baik	13.00.01	6,12
5	18,64	6,01	Air jernih dan pH kurang baik	13.01.02	6,12
6	18,67	6,04	Air jernih dan pH kurang baik	13.02.04	6,12
7	18,66	6,03	Air jernih dan pH kurang baik	14.00.03	6,12
8	18,63	6,01	Air jernih dan pH kurang baik	14.01.04	6,12
9	18,66	6,02	Air jernih dan pH kurang baik	14.02.03	6,12
10	18,64	6,03	Air jernih dan pH kurang baik	14.03.03	6,12
Rata-rata	18,66	5,98			6,11

Dari hasil pengujian kolom 1 pada siang hari didapatkan rata-rata NTU yaitu 18,66 dan rata-rata pH yang didapatkan dari sensor pH adalah 5,98 sedangkan rata-rata pH yang didapatkan oleh pH meter adalah 6,11. Jika dilihat pada tabel 11 ada peningkatan nilai pH yang dideteksi dari rentang jam 11 sampai jam 1 siang sehingga dapat diketahui error dari sensor pH pada pengujian ini yaitu :

$$Error (\%) = \left| \frac{6,11 - 5,98}{6,11} \right| \times 100\% = 2,12\%$$

Tabel 12. Pengujian Kolam 1 Pada Sore Hari

Kolam 1					
No.	Turbidity (NTU)	Sensor pH	Status	Waktu	pH meter
1	18,67	6,01	Air jernih dan pH kurang baik	15.00.04	6,12
2	18,65	6,03	Air jernih dan pH kurang baik	15.01.05	6,12
3	18,63	6,04	Air jernih dan pH kurang baik	15.02.04	6,12
4	18,64	6,02	Air jernih dan pH kurang baik	16.00.03	6,12
5	18,66	6,03	Air jernih dan pH kurang baik	16.01.05	6,12
6	18,68	6,01	Air jernih dan pH kurang baik	16.02.04	6,12
7	18,66	6,02	Air jernih dan pH kurang baik	16.03.05	6,12
8	18,63	6,04	Air jernih dan pH kurang baik	17.00.06	6,12
9	18,65	6,03	Air jernih dan pH kurang baik	17.01.08	6,12
10	18,68	6,02	Air jernih dan pH kurang baik	17.02.07	6,12
Rata-rata	18,66	6,03			6,12

Dari hasil pengujian kolom 1 pada sore hari didapatkan rata-rata NTU yaitu 18,66 dan rata-rata pH yang didapatkan dari sensor pH adalah 6,03 sedangkan rata-rata pH yang didapatkan oleh pH meter adalah 6,12 sehingga dapat diketahui error dari sensor pH pada pengujian ini yaitu :

$$Error (\%) = \left| \frac{6,12 - 6,03}{6,12} \right| \times 100\% = 1,47\%$$

H. Pengujian Kolam 2

Hasil pengujian pada kolom 2 dari jam 9 sampai 11 pagi dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Pengujian Kolam 2 Pada Pagi Hari

Kolam 2					
No.	Turbidity (NTU)	Sensor pH	Status	Waktu	pH meter
1	17,16	6,05	Air jernih dan pH kurang baik	09.02.14	6,18
2	17,18	6,06	Air jernih dan pH kurang baik	09.03.16	6,18
3	17,2	6,03	Air jernih dan pH kurang baik	09.04.15	6,18
4	17,25	6,06	Air jernih dan pH kurang baik	10.00.16	6,18
5	17,24	6,08	Air jernih dan pH kurang baik	10.01.17	6,18
6	17,28	6,06	Air jernih dan pH kurang baik	10.01.19	6,18
7	17,27	6,08	Air jernih dan pH kurang baik	11.00.41	6,18
8	17,22	6,05	Air jernih dan pH kurang baik	11.01.44	6,18
9	17,24	6,08	Air jernih dan pH kurang baik	11.02.54	6,18
10	17,26	6,09	Air jernih dan pH kurang baik	11.03.39	6,18
Rata-rata	17,23	6,06			6,18

Pada tabel 13 didapatkan hasil pengujian kolom 2 pada pagi hari. Didapatkan rata-rata kekeruhan 17,23 NTU dan rata-rata pH yang didapat oleh sensor pH adalah 6,06 sedangkan rata-rata pH yang didapat oleh pH meter adalah 6,18. Sehingga dapat diketahui error dari sensor pH dari pengujian ini yaitu :

$$Error (\%) = \left| \frac{6,18 - 6,06}{6,18} \right| \times 100\% = 1,94\%$$

Tabel 14. Pengujian Kolam 2 Pada Siang Hari

Kolam 2					
No.	Turbidity (NTU)	Sensor pH	Status	Waktu	pH meter
1	17,28	6,08	Air jernih dan pH kurang baik	12.01.44	6,2
2	17,27	6,1	Air jernih dan pH kurang baik	12.02.46	6,2
3	17,29	6,08	Air jernih dan pH kurang baik	12.03.52	6,2
4	17,22	6,12	Air jernih dan pH kurang baik	13.00.41	6,24
5	17,26	6,16	Air jernih dan pH kurang baik	13.01.40	6,24
6	17,28	6,14	Air jernih dan pH kurang baik	13.02.41	6,24
7	17,28	6,17	Air jernih dan pH kurang baik	14.00.10	6,24
8	17,25	6,18	Air jernih dan pH kurang baik	14.01.12	6,24
9	17,27	6,19	Air jernih dan pH kurang baik	14.02.11	6,24
10	17,25	6,17	Air jernih dan pH kurang baik	14.03.12	6,24
Rata-rata	17,27	6,14			6,23

Dari hasil pengujian kolom 2 pada siang hari didapatkan rata-rata NTU yaitu 17,27 dan rata-rata pH yang didapatkan dari sensor pH adalah 6,14 sedangkan rata-rata pH yang didapatkan oleh pH meter adalah 6,23. Jika dilihat pada tabel 14, ada peningkatan nilai pH yang dideteksi dari rentang jam 12 sampai jam 2 siang sehingga dapat diketahui error dari sensor pH pada pengujian ini yaitu :

$$Error (\%) = \left| \frac{6,23 - 6,14}{6,23} \right| \times 100\% = 1,44\%$$

Tabel 15. Pengujian Kolam 2 Pada Sore Hari

Kolam 2					
No.	Turbidity (NTU)	Sensor pH	Status	Waktu	pH meter
1	17,26	6,11	Air jernih dan pH kurang baik	15.00.14	6,24
2	17,27	6,14	Air jernih dan pH kurang baik	15.01.15	6,24
3	17,25	6,15	Air jernih dan pH kurang baik	15.02.16	6,24
4	17,25	6,1	Air jernih dan pH kurang baik	16.00.12	6,24
5	17,3	6,12	Air jernih dan pH kurang baik	16.01.14	6,24
6	17,26	6,11	Air jernih dan pH kurang baik	16.02.13	6,24
7	17,24	6,14	Air jernih dan pH kurang baik	16.03.14	6,24
8	17,26	6,17	Air jernih dan pH kurang baik	17.00.16	6,24
9	17,27	6,14	Air jernih dan pH kurang baik	17.01.18	6,24
10	17,25	6,12	Air jernih dan pH kurang baik	17.02.17	6,24
Rata-rata	17,26	6,13			6,24

Dari hasil pengujian pada tabel 15 di kolom 2 pada sore hari, didapatkan rata-rata NTU sebesar 17,26. Rata-rata pH yang terdeteksi oleh sensor pH adalah 6,13, sedangkan

rata-rata pH yang diukur oleh pH meter adalah 6,24. Dari sini, dapat dihitung error dari sensor pH pada pengujian ini, yaitu:

$$\text{Error (\%)} = \left| \frac{6,24 - 6,13}{6,24} \right| \times 100\% = 1,76\%$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian ini, disimpulkan bahwa sistem berhasil dibangun dan memenuhi fungsi akusisi data serta pemantauan kualitas air berdasarkan parameter keasaman dan kekeruhan. Sistem ini berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan mencapai tujuan penelitian.

Selain itu, hasil perhitungan koefisien korelasi antara variabel X (kekeruhan) dan variabel Y (pH) menunjukkan nilai $r = 0,203$, yang mengindikasikan bahwa hubungan antara kedua variabel ini sangat lemah atau hampir tidak ada hubungan sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan dalam tingkat kekeruhan tidak secara signifikan mempengaruhi tingkat keasaman air (pH), sehingga kedua parameter tersebut cenderung independen.

Pengujian yang dilakukan di dua kolam budidaya ikan. Kolam 1 menunjukkan rata-rata pH 5,96 dan *turbidity* 18,67 NTU, sementara Kolam 2 menunjukkan rata-rata pH 6,11 dan *turbidity* 17,23 NTU. Terjadi peningkatan pH pada siang hari, sehingga pengiriman data pH dan *turbidity* ke server dilakukan setiap satu jam sekali untuk pemantauan yang lebih optimal.

Dari hasil penelitian didapatkan *error* pada sensor pH yang digunakan yaitu sensor pH 4502C sebesar 1,44% hingga 3,78%. Sistem juga dapat memberikan notifikasi pada smartphone melalui aplikasi android jika air pada kolam budidaya memiliki pH yang kurang baik bagi ikan atau sangat keruh.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu menambahkan sirkulasi pergantian air jika kualitas air kolam pada budidaya ikan air tawar memiliki pH yang tidak baik untuk ikan atau terdeteksi sangat keruh dan juga untuk pengembangan sistem yang *multiplatform* harus dipersiapkan juga aplikasi web yang bisa memantau kualitas air kolam langsung dari perangkat komputer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung." 2021. Accessed: Mar. 04, 2024. [Online]. Available: <https://bandarlampungkota.bps.go.id/indicator/56/222/1/produksi-ikan-air-tawar-menurut-jenis.html>
- [2] Y. Koniyo, "Analisis Kualitas Air Pada Lokasi Budidaya Ikan Air Tawar Di Kecamatan Sumawa Tengah," *jtech*, vol. 8, no. 1, pp. 52–58, May 2020, doi: 10.30869/jtech.v8i1.527.
- [3] H. Haryanto, K. Kristono, and M. Fadhil, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air (pH dan Kekeruhan) pada Akuarium Berbasis Internet of Things," *Go Infotech j.ilm. STMik AUB*, vol. 27, no. 2, pp. 185–195, Dec. 2021, doi: 10.36309/goi.v27i2.156.
- [4] M. Pramleonita, N. Yuliani, R. Arizal, and S. E. Wardoyo, "PARAMETER FISIKA DAN KIMIA AIR KOLAM IKAN NILA HITAM (*Oreochromis niloticus*)," *JSN*, vol. 8, no. 1, p. 24, Jan. 2018, doi: 10.31938/jsn.v8i1.107.
- [5] "Balai Pengembangan Teknologi Perikanan Budidaya." Mar. 07, 2024. Accessed: Aug. 23, 2024. [Online]. Available: <https://bptpb.jogjaprovo.go.id/kualitas-air/>
- [6] A. Jumria and N. C. Prihartini, "Identification And Histopathology Flavobacterium Columnare On Tilapia (*Oreochromis niloticus*)," Aug. 2017.
- [7] H. R. Iskandar, D. I. Saputra, and H. Yuliana, "Eksperimental Uji Kekeruhan Air Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor DFRobot SEN0189 dan MQTT Cloud Server," 2019.
- [8] H. Santoso, "Analisis Korelasi Berdasarkan Koefisien Kontingensi C Menurut Cramer Dan Simulasinya," *FMIPA Universitas Negeri Semarang*, 2009.