

SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL LINGKUNGAN OTOMATIS PADA KOLAM IKAN MUJAIR BERBASIS PROTOKOL ESP-NOW DAN APLIKASI BLYNK

Moch. Yusuf Saputra¹, Gezaq Abror², Totok Dewantoro³, Mamat Septyan⁴, Dimas Aditya Putra Wardhana⁵

^{1,2,3,4}Teknologi Listrik, Fakultas Vokasi
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya, Indonesia
e-mail : myusufsaputra11@gmail.com, gezaq@untag-sby.ac.id, totok.dewantoro@untag-sby.ac.id, mamat.septyan@untag-sby.ac.id

⁵Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya, Indonesia
e-mail : dimasapw@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Di era teknologi yang telah berkembang sangat pesat, manfaatnya pun semakin dirasakan. Kemajuan teknologi tidak hanya dapat membantu dan mempersingkat pekerjaan manusia, tetapi juga dapat membantu bisnis termasuk bisnis budidaya ikan. Untuk memelihara ikan mujair di kolam, dibutuhkan pemeliharaan kolam yang teratur. Hal ini termasuk memantau kadar garam, pH, kekeruhan air, dan suhu secara berkala. Berdasarkan masalah tersebut, pada penelitian ini dibuat sebuah alat dengan sistem pemantauan dan kontrol lingkungan otomatis pada kolam ikan mujair berbasis mikrokontroler ESP32 dengan protokol komunikasi IoT yaitu protokol ESP-NOW. Dengan menggunakan aplikasi Blynk pada *smartphone* Android, pengguna dapat memantau parameter kualitas air, seperti nilai suhu, nilai pH, kekeruhan dan kadar garam (TDS) yang harus dijaga sesuai dengan parameter yang telah dirancang. Alat ini dapat membuat budidaya ikan mujair lebih mudah dan lebih ramah lingkungan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini termasuk sensor TDS DFRobot, sensor pH, kekeruhan (*turbidity*), dan sensor suhu DS18B20. Alat ini juga dapat mendeteksi dan menstabilkan kekeruhan dan nilai pH air yang tidak sesuai. Dengan kehadiran alat ini, diharapkan ikan yang dihasilkan akan lebih sehat dan berkualitas sehingga meningkatkan harga jual. Hasil pengujian alat dengan penggunaan protokol ESP-NOW dalam penelitian ini mencapai persentase keberhasilan total 100%.

Kata kunci: blynk, budidaya ikan, kontrol otomatis, kualitas air, penstabil pH, protokol IoT

PENDAHULUAN

Saat berbicara tentang bisnis yang sangat menguntungkan, budidaya ikan mujair adalah salah satunya. Hal-hal yang harus diperhatikan saat budidaya ikan mujair adalah lahan yang tepat, pakan dan bibit ikan yang berkualitas, menjaga ekosistem kolam, dan menjaga kualitas air [4, 6, 7, 9]. Untuk menjaga kualitas air dan ekosistem kolam, diperlukan alat dengan sistem pemantauan dan kontrol lingkungan otomatis [1, 5, 8, 10]. Alat yang dibuat ini dapat mengukur suhu, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) serta mengindikasikan kekeruhan (*turbidity*). Selain itu, alat ini dapat secara otomatis menstabilkan air dalam kolam sehingga nilai pH dan kekeruhannya tetap stabil.

Pada penelitian ini dibuat sebuah alat untuk sistem pemantauan dan kontrol kualitas air kolam otomatis yang berbasis mikrokontroler ESP32. Untuk mengetahui seberapa tinggi suhu, kadar garam, tingkat kekeruhan, dan pH kolam yang diukur, alat akan diaktifkan untuk memenuhi semua parameter kualitas air yang diperlukan.

Sebagai referensi digunakan beberapa penelitian yang relevan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Fanharis Chuzaini dan Dzulkifli dengan judul "IoT *monitoring* kualitas air dengan menggunakan sensor suhu, pH, dan TDS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempermudah pengukuran kualitas air seperti suhu, pH, dan kekeruhan. Hasil pengukuran kualitas air menunjukkan bahwa kelima lokasi sampel memiliki suhu standar (29–31 °C) dan TDS air juga memenuhi standar (318–551 ppm). Namun, pH air di dua lokasi menjadi lebih rendah. Sedangkan Tirta Arum di Desa Sumberarum memiliki pH 9,8, dan sumber mata air Grogolan di Desa Ngunut memiliki pH 8,7 [2].

Penelitian berjudul "Rancang bangun alat penetas telur ikan mas Teknik dengan kendali pengaturan suhu menggunakan logika fuzzy kurva trapesium" ditulis oleh Satwiko Qantadinaka, Hadriansa, dan M. Sigid Pamungkas. Tujuan penelitian ini adalah untuk secara otomatis menjaga suhu air tetap stabil. Hasil uji coba menunjukkan bahwa masing-masing komponen bekerja dengan sangat baik. Misalnya, sensor suhu tahan air

DS18B20 memiliki sensitifitas yang sangat baik untuk mengukur perubahan suhu di akuarium penetasan [11].

Penelitian selanjutnya dengan judul "Alat pengukur kualitas air bersih berdasarkan tingkat kekeruhan dan jumlah padatan tertentu" yang dilakukan oleh Bagas Reforma, Alfian Ma'arif, dan Sunardi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur tingkat kekeruhan dan jumlah padatan pada air menggunakan alat pengukur bermuat kekeruhan, sensor TDS, LCD, dan laptop atau komputer. Cara kerjanya adalah dengan menghubungkan kabel data Arduino ke laptop atau komputer, dan kemudian mengukur tingkat Hasil pengujian alat pengukur kualitas air bersih menunjukkan bahwa, berdasarkan jumlah padatan terlarut dan tingkat kekeruhan, alat pengukur kualitas air bersih dapat membedakan kategori air yang diuji, apakah itu air bersih atau air kotor. Ketika sensor kekeruhan dan air mengukur sebelas sampel, sensor TDS menemukan error sebesar 2,11% [12].

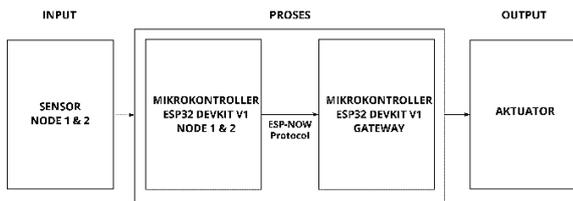
Manfaat dari penelitian ini adalah diperoleh pengetahuan tentang sistem pengendalian yang digunakan sebagai alat yang dapat diterapkan untuk memantau kualitas air kolam ikan mujair, pengetahuan tentang cara mengubah suhu, kadar garam, kekeruhan, dan pH air kolam. Pengusaha budidaya ikan akan sangat terbantu dengan diciptakannya alat ini, yang akan membuat pekerjaan mereka lebih efisien dan lebih ramah lingkungan. Selain itu, ikan yang dihasilkan akan lebih sehat dan berkualitas, yang akan meningkatkan harga jual.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode pelaksanaan penelitian yang digunakan yaitu pembahasan mengenai blok diagram sistem, *flowchart* sistem, *wiring diagram* node 1&2 dan *gateway* dan protokol komunikasi *Internet of Things* (IoT) dengan protokol ESP-NOW.

Blok Diagram Sistem

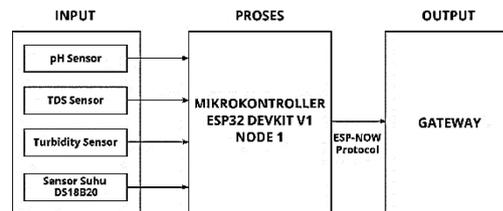
Penelitian ini akan merancang suatu blok diagram sistem yang terintegrasi satu sama lain untuk menunjukkan cara alat melakukan proses monitoring dan kontrol otomatis terhadap kualitas air kolam. Blok diagram sistem ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem secara keseluruhan

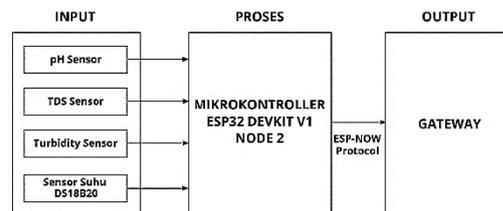
Berdasarkan blok diagram yang tertera pada Gambar 1, dapat dipahami bahwa sistem menggunakan tiga mikrokontroler ESP32 Devkit V1 yang telah diprogram untuk berkomunikasi secara nirkabel dengan bantuan protokol komunikasi *Internet of Things* (IoT)

dengan protokol ESP-NOW. Blok diagram yang tertera pada Gambar 1 menunjukkan bahwa ketiga mikrokontroler tersebut terdiri dari dua unit mikrokontroler yang berfungsi sebagai *node* dan satu unit mikrokontroler yang berfungsi sebagai *gateway*. Mikrokontroler *node* berfungsi sebagai kontroler penyimpan data-data pembacaan sensor pada air kolam sekaligus mengirimkan data pembacaan sensor menuju mikrokontroler *gateway*. Untuk sistem blok diagram yang dirancang pada *node 1* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.



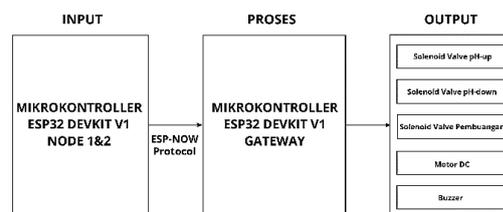
Gambar 2. Blok diagram sistem node 1 ke gateway

Selain blok diagram sistem *node 1* yang ditunjukkan pada Gambar 2, sistem yang dibuat untuk *node 2* juga identik dengan sistem yang dibuat untuk *node 1* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram sistem node 2 ke gateway

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sistem yang dirancang terdiri dari dua *node* dan satu *gateway*. Dalam penelitian ini, *gateway* ini digunakan untuk pengambilan keputusan dari pembacaan sensor yang diterima dan mengirim data ke *interface* Blynk. Selain itu, *gateway* ini terhubung secara langsung dengan beberapa aktuator untuk memberikan *feedback* atas setiap kondisi yang terjadi. Gambar 4 menunjukkan blok diagram *gateway* ini.

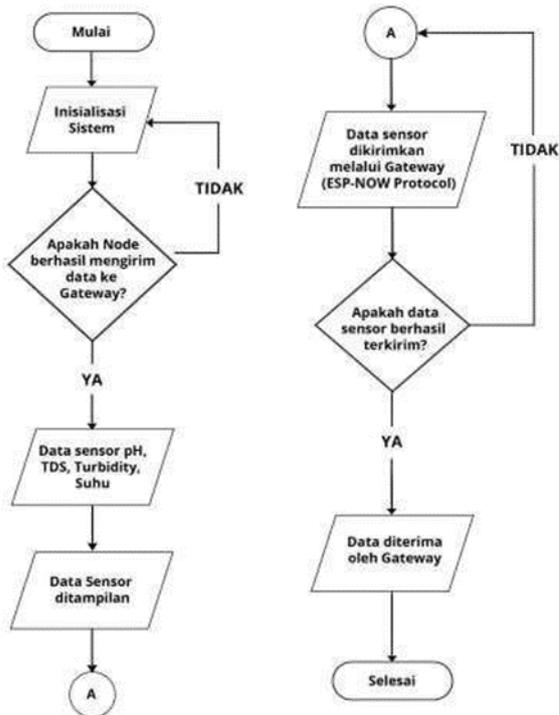


Gambar 4. Blok diagram sistem gateway

Flowchart Sistem

Pada bagian *flowchart* sistem dibuat untuk menunjukkan bagaimana sistem yang akan dirancang bekerja untuk memantau dan mengontrol kualitas air kolam secara otomatis. Cara kerja ini digambarkan dalam bentuk diagram alir/*flowchart*. *Flowchart* sistem terbagi menjadi dua bagian, yaitu *flowchart* sistem *node* dan

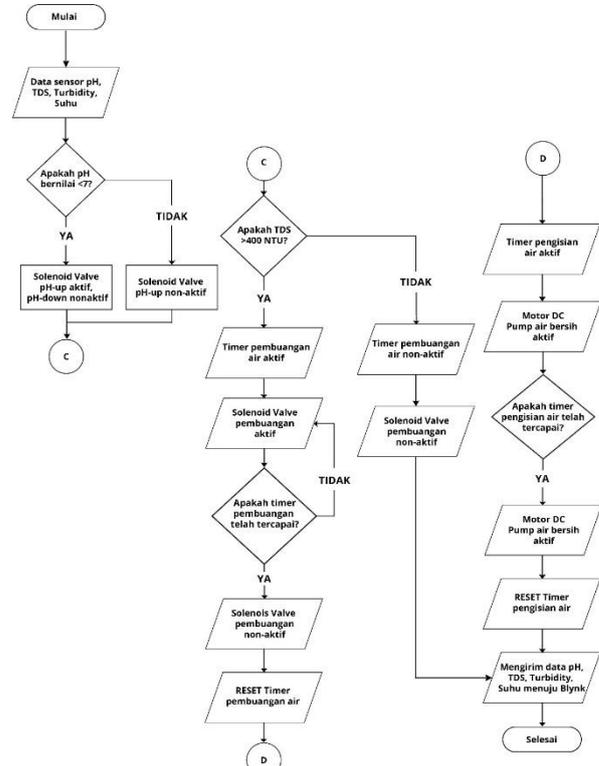
flowchart sistem gateway. Gambar 5 menunjukkan flowchart sistem node yang mengambil data dari sensor. Adapaun sensor yang digunakan yaitu sensor pH, TDS, turbidity, dan suhu yang dilengkapi dengan mikrokontroler yang terletak di node, masing-masing node akan mengambil data dari keempat sensor tersebut. Selama proses pengambilan data, mikrokontroler pada masing-masing node juga bertanggung jawab untuk mengirimkan data pembacaan sensor ke gateway untuk membuat keputusan tentang kondisi yang terjadi di kolam.



Gambar 5. Flowchart sistem node

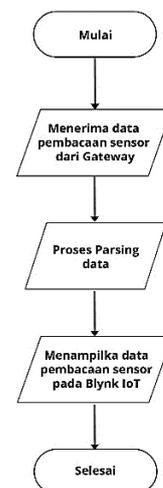
Gambar 6 menunjukkan proses yang terjadi di gateway. Proses dimulai dengan membaca data dari sensor yang mengukur pH, TDS, kekeruhan (turbidity), dan suhu air. Jika nilai pH kurang dari batas yang ditentukan (misalnya, $pH < 7$), solenoid valve untuk menaikkan pH akan diaktifkan dan valve untuk menurunkan pH akan dinonaktifkan. Jika nilai pH tidak kurang dari batas tersebut, solenoid valve untuk menaikkan pH tetap nonaktif. Tahap selanjutnya adalah mengecek nilai TDS, jika nilai TDS lebih dari 400 NTU, timer untuk pembuangan air akan diaktifkan. Jika nilai TDS tidak lebih dari 400 NTU, timer untuk pembuangan air tetap nonaktif. Selanjutnya dalam tahap pembuangan air, jika timer untuk pembuangan air telah tercapai, solenoid valve pembuangan air akan dinonaktifkan dan timer di-reset. Jika timer belum tercapai, solenoid valve pembuangan air tetap aktif. Dalam tahap pengisian air, timer untuk pengisian air akan diaktifkan. Motor DC untuk memompa air bersih akan diaktifkan. Jika timer untuk pengisian air telah tercapai, motor DC akan dinonaktifkan dan timer di-reset. Data pH, TDS, kekeruhan, dan suhu akan dikirim ke platform Blynk.

Proses berakhir setelah data dikirim ke Blynk. Diagram alir ini menggambarkan bagaimana sistem pengolahan air bekerja dengan memantau parameter kualitas air dan mengatur proses pembuangan dan pengisian air berdasarkan nilai-nilai tersebut untuk memastikan kualitas air tetap terjaga.



Gambar 6. Flowchart sistem gateway

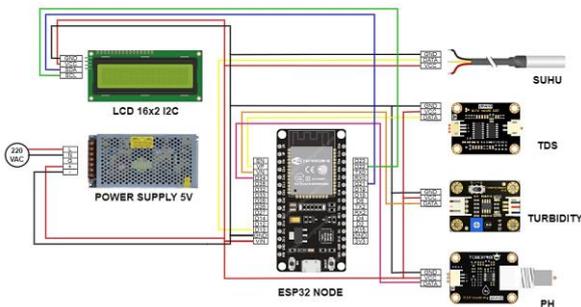
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sistem yang dirancang akan memiliki interface/perangkat antar muka yang menggunakan aplikasi Blynk untuk menampilkan tampilan aplikasi pada smartphone. Dalam memproses data sensor untuk menampilkan tampilan interface terdiri dari beberapa langkah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Flowchart sistem Blynk IoT

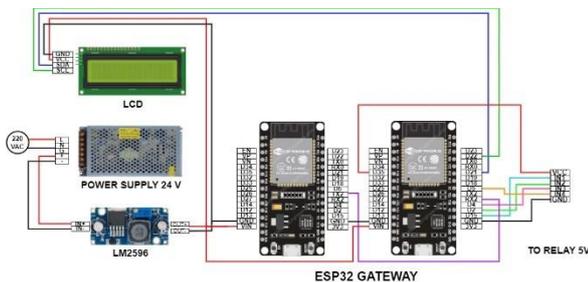
Wiring diagram Node 1&2 dan Gateway

Untuk memudahkan peneliti dalam melakukan *troubleshooting* atau proses analisis lainnya, *wiring diagram* ini menunjukkan hubungan dan sambungan elektrik antara setiap komponen yang dirangkai dengan mikrokontroler. Gambar 8 menunjukkan diagram rangkaian penelitian yang mencakup beberapa komponen elektrik. Sistem akan secara otomatis melakukan fungsi kontrol dan pengawasan pada kolam yang bekerja berdasarkan empat jenis paramater yang dibaca oleh sensor: pH, *turbidity*, suhu, dan kadar garam/TDS pada air. Sistem akan membaca nilai yang dikirim oleh sensor, dan mikrokontroler akan menentukan umpan balik berdasarkan nilai pH dan tingkat kekeruhan air. Besaran nilai pH yang terbaca pada sensor dan yang tersimpan pada mikrokontroler *node* akan digunakan sebagai acuan untuk mengaktifkan aktuator yang akan difungsikan sebagai proses kontroling pada mikrokontroler *gateway*.



Gambar 8. Wiring diagram sistem node 1 dan node 2

Gambar 9 menunjukkan *wiring diagram gateway* selain diagram *node* 1 dan 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

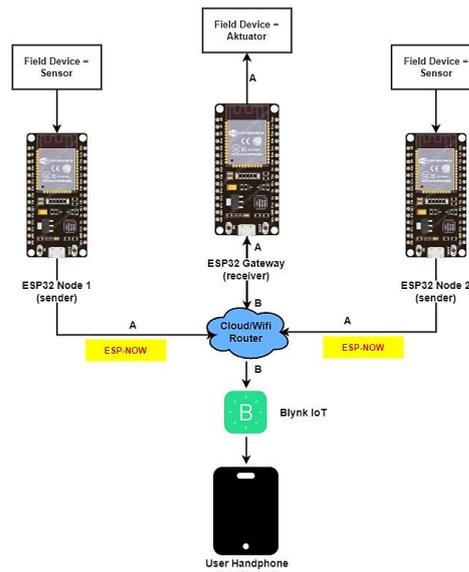


Gambar 9. Wiring diagram sistem gateway

Protokol Komunikasi IoT dengan Protokol ESP-NOW

Perancangan pemrograman mikrokontroler dan IoT yang dapat diilustrasikan melalui sebuah topologi jaringan. Topologi jaringan merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menghubungkan perangkat-perangkat *wireless* agar dapat berkomunikasi satu sama lain [3, 13, 14, 15]. Seperti yang telah diketahui sebelumnya, penelitian ini menggunakan perangkat mikrokontroler ESP32 yang dapat diintegrasikan dengan jaringan *WiFi* sehingga memungkinkan pengguna untuk saling bertukar informasi terkait pembacaan sensor di lapangan.

Berdasarkan gambar yang tertera pada Gambar 10, dapat dipahami bahwa sistem terdiri dari 3 unit mikrokontroler sebagaimana 2 unit ESP32 digunakan sebagai *sender* (pengirim data *node*) dan 1 unit ESP32 (*receiver/gateway*) sebagai penerima data. Proses pengiriman data yang terjadi pada masing-masing mikrokontroler tersebut memanfaatkan protokol ESP-NOW dengan memanfaatkan jaringan internet melalui *WiFi Router*. Data-data yang telah berhasil dikirimkan menuju *gateway/receiver* selanjutnya akan ditampilkan melalui aplikasi berbasis *smartphone* Android yakni Blynk untuk memudahkan pengguna dalam melakukan monitoring kualitas air kolam.



Gambar 10. Topologi jaringan komunikasi IoT dengan protokol ESP-NOW

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan hasil dan pembahasan dilakukan analisis data yang dikumpulkan dari hasil pengujian dan pengambilan data sistem. Dalam penelitian ini, analisis data ini dibagi menjadi beberapa hal yaitu pengambilan data sensor pembacaan, pengambilan data jaringan komunikasi IoT dengan protokol ESP-NOW, dan pengujian keseluruhan pada kolam ikan mujair.

Hasil Pengujian Data Pembacaan Sensor Suhu DS18B20

Hasil pengambilan data sensor suhu DS18B20 pada sistem *node* dilakukan pada bagian ini. Pengambilan data dilakukan secara runtut sebanyak 10 kali secara *realtime* dengan membandingkan nilai sensor dengan suhu air yang dibaca oleh termometer. Hasil pengambilan data sensor suhu pada penelitian ini digambarkan pada Tabel 1. Pengujian data dilakukan pada interval waktu yang berbeda, mulai dari pukul 19.40 hingga 22.10, dengan suhu yang tercatat dalam derajat Celcius (°C).

Tabel 1. Hasil pengambilan data sensor suhu DS18B20

Sampel pengujian	Waktu pengujian	Suhu termometer (°C)	Sensor suhu node 1 (°C)	Sensor suhu node 2 (°C)
Air	19.40	29,4	29,81	29,96
	19.50	29,4	29,81	29,96
	20.00	29,4	29,81	29,96
	20.10	29,4	29,87	29,96
	20.20	29,4	29,97	30,01
	20.30	29,4	29,81	29,96
	20.40	29,4	29,81	30,01
	20.50	29,4	29,81	29,96
	21.00	29,4	29,81	30,01
	22.10	29,4	29,81	30,01
Rata-rata		29,4	29,832	29,98

Dari hasil pengujian ditunjukkan hasil pengukuran suhu air menggunakan tiga perangkat yaitu termometer standar, sensor suhu *node 1* dan sensor suhu *node 2*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu termometer tetap konstan pada 29,4°C selama semua pengujian, menandakan bahwa kondisi lingkungan atau air yang diukur tidak mengalami perubahan suhu yang signifikan selama periode pengujian. Sensor suhu *node 1* mencatat suhu yang bervariasi dari 29,81°C hingga 29,87°C dengan rata-rata 29,832°C, sedikit lebih tinggi dari suhu termometer. Sementara itu, sensor suhu *node 2* mencatat suhu yang bervariasi dari 29,96°C hingga 30,01°C dengan rata-rata 29,98°C, yang juga lebih tinggi dibandingkan suhu termometer dan sensor *node 1*. Kedua sensor DS18B20 menunjukkan hasil yang konsisten dalam setiap pengukuran meskipun ada sedikit variasi.

Hasil Pengujian Data Pembacaan Sensor TDS

Dalam tahap ini, dilakukan uji coba dengan mencelupkan sensor TDS ke dalam cairan *buffer solution* TDS dengan nilai 500 ppm. Selanjutnya, penelitian berfokus pada proses pengambilan data, yang dilakukan dengan cara yang masih sama, yaitu dengan memasukkan sampel data melalui sensor TDS sebanyak 10 kali pada larutan *buffer solution* TDS dengan nilai 500 ppm. Hasil pembacaan sensor TDS pada masing-masing *node* ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengambilan data sensor TDS

Sampel pengujian	Waktu pengujian	Sensor TDS node 1 (ppm)	Sensor TDS node 2 (ppm)
Buffer Solution 500 ppm	07.35	504,8	493
	07.40	501,4	492
	07.45	505,2	503
	07.50	505,2	498
	07.55	505,2	498
	08.00	506,9	497
	08.05	506,6	494
	08.10	506,2	499
	08.15	503,8	503
	08.20	506,6	508
Rata-rata		505,19	498,5

Dari hasil pengujian ditunjukkan hasil pengukuran TDS dalam larutan *buffer* dengan konsentrasi 500 ppm menggunakan dua sensor TDS yang berbeda, yaitu sensor TDS *node 1* dan sensor TDS

node 2. Pengukuran dilakukan pada interval waktu dari pukul 07.35 hingga 08.20. Sensor TDS *node 1* mencatat nilai TDS yang bervariasi dari 501,4 ppm hingga 506,6 ppm, dengan rata-rata 505,19 ppm. Ini menunjukkan bahwa sensor TDS *node 1* cenderung memberikan hasil yang cukup konsisten dan mendekati nilai *buffer* 500 ppm, meskipun sedikit lebih tinggi. Di sisi lain, sensor TDS *node 2* mencatat nilai TDS yang bervariasi dari 492 ppm hingga 508 ppm, dengan rata-rata 498,5 ppm. Nilai yang tercatat oleh sensor TDS *node 2* menunjukkan variasi yang lebih besar dan cenderung sedikit lebih rendah daripada nilai *buffer* 500 ppm.

Dari analisis ini, dapat diketahui bahwa kedua sensor TDS memiliki performa yang berbeda dalam mengukur konsentrasi TDS dari larutan *buffer*. Sensor TDS *node 1* menunjukkan akurasi yang lebih baik dan konsistensi yang lebih tinggi dibandingkan sensor TDS *node 2*. Namun, perbedaan hasil antara kedua sensor masih dalam rentang yang dapat diterima untuk pengukuran TDS.

Hasil Pengujian Data Pembacaan Sensor pH

Ketika sensor dimasukkan ke dalam cairan *buffer solution* pH, dilakukan uji coba dengan menggunakan nilai pH 4,01, 6,86, dan 10,01. Selanjutnya, dilanjutkan dengan mengambil 10 sampel data pembacaan sensor pada larutan *buffer solution* pH 4,01. Hasil pengambilan data ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengambilan data sensor pH dengan *buffer solution* pH 4,01

Sampel pengujian	Waktu pengujian	Sensor pH node 1 (pH)	Sensor pH node 2 (pH)
Buffer Solution pH 4,01	11.20	4,1	4,22
	11.25	4,02	3,91
	11.30	4,05	4,25
	11.35	3,97	3,99
	11.40	4	3,99
	11.45	4,08	3,87
	11.55	4	4,03
	12.00	3,97	3,79
	12.05	4,05	4,29
	12.10	4,01	4,08
Rata-rata		4,025	4,042

Berdasarkan pengambilan data sensor pH dengan *buffer solution* pH 4,01 dapat diketahui hasil pengukuran pH dalam larutan *buffer* dengan pH 4,01 menggunakan dua sensor pH yang berbeda, yaitu sensor pH *node 1* dan sensor pH *node 2*. Pengukuran dilakukan pada interval waktu dari pukul 11.20 hingga 12.10.

Sensor pH *node 1* mencatat nilai pH yang bervariasi dari 3,97 hingga 4,1, dengan rata-rata 4,025. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor pH *node 1* memberikan pengukuran yang relatif konsisten dan sangat mendekati nilai *buffer* 4,01. Sensor pH *node 2* mencatat nilai pH yang bervariasi dari 3,79 hingga 4,29, dengan rata-rata 4,042. Meskipun hasil sensor pH *node 2* sedikit lebih bervariasi dibandingkan sensor pH *node 1*, rata-rata pengukurannya masih sangat mendekati nilai *buffer* 4,01.

Selanjutnya, data pH sensor juga diambil pada larutan *buffer solution* dengan pH 6,86. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengambilan data sensor pH dengan *buffer solution* pH 6,86

Sampel pengujian	Waktu pengujian	Sensor pH node 1 (pH)	Sensor pH node 2 (pH)
Buffer Solution pH 6,86	14.20	6,87	6,84
	14.25	6,84	6,94
	14.30	6,78	7,06
	14.35	6,88	7,05
	14.40	6,95	7,09
	14.45	6,91	6,75
	14.50	7,06	6,89
	14.55	6,85	6,8
	15.00	6,82	6,95
	15.05	6,9	6,88
Rata-rata		6,886	6,925

Tabel 4 tersebut menunjukkan hasil pengambilan data sensor pH menggunakan *buffer solution* dengan nilai pH 6,86. Pengukuran dilakukan pada dua *node* sensor pH pada beberapa interval waktu dari pukul 14.20 hingga 15.05. Pada sensor pH *node 1*, nilai pH yang terukur berkisar antara 6,78 hingga 7,06 dengan rata-rata sebesar 6,886. Pada sensor pH *node 2*, nilai pH yang terukur berkisar antara 6,75 hingga 7,09 dengan rata-rata sebesar 6,925. Data tersebut menunjukkan bahwa kedua sensor pH memberikan hasil yang cukup konsisten dan mendekati nilai pH dari *buffer solution* yang digunakan yaitu 6,86.

Selanjutnya, data pH sensor juga diambil pada larutan *buffer solution* pH 10,01. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengambilan data sensor pH dengan *buffer solution* pH 10,01

Sampel pengujian	Waktu pengujian	Sensor pH node 1 (pH)	Sensor pH node 2 (pH)
Buffer Solution pH 10,01	16.30	10,14	10,03
	16.35	10,11	10,18
	16.40	9,92	10,09
	16.45	10,08	10,22
	16.50	10,15	10,24
	16.55	10,29	10,13
	17.00	9,88	10,04
	17.05	10,16	10,27
	17.10	10,07	10,1
	17.15	10,23	10,32
Rata-rata		10,103	10,162

Tabel 5 tersebut menunjukkan hasil pengambilan data sensor pH menggunakan *buffer solution* dengan nilai pH 10,01. Pengukuran dilakukan pada dua *node* sensor pH pada beberapa interval waktu dari pukul 16.30 hingga 17.15. Pada sensor pH *node 1*, nilai pH yang terukur berkisar antara 9,92 hingga 10,23 dengan rata-rata sebesar 10,103. Pada sensor pH *node 2*, nilai pH yang terukur berkisar antara 10,03 hingga 10,32 dengan rata-rata sebesar 10,162. Analisis dari pengujian ini yaitu bahwa kedua sensor pH memberikan hasil yang cukup konsisten dan mendekati nilai pH dari *buffer solution* yang digunakan yaitu 10,01.

Hasil Pengujian Data Pembacaan Sensor *Turbidity*

Pada tahap ini, dilakukan uji coba dengan *Turbidity Solution* 100 NTU untuk mengetahui hasil pembacaan sensor mengenai tingkat kekeruhan air pada masing-masing *node*. Hasil dari percobaan ini ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengambilan data sensor *turbidity*

Sampel pengujian	Waktu pengujian	Sensor <i>turbidity</i> node 1 (NTU)	Sensor <i>turbidity</i> node 2 (NTU)
Turbidity Solution 100 NTU	20.30	99,54	103,33
	20.35	99,43	98,42
	20.40	100,42	99,84
	20.45	98,32	98,32
	20.50	98,22	98,73
	20.55	99,03	100,97
	21.00	101,31	99,03
	21.05	103,57	100,46
	21.10	99,84	98,12
	21.15	98,93	99,13
Rata-rata		99,861	99,635

Tabel 6 ini memperlihatkan hasil pengukuran data sensor *turbidity* menggunakan *turbidity solution* dengan nilai 100 NTU. Pengukuran dilakukan pada dua *node* sensor *turbidity* pada berbagai interval waktu mulai dari pukul 20.30 hingga 21.15. Pada sensor *turbidity node 1*, nilai yang terukur berkisar antara 98,32 hingga 103,57 dengan rata-rata 99,861. Sementara itu, pada sensor *turbidity node 2*, nilai yang terukur berada dalam rentang 98,13 hingga 103,33 dengan rata-rata 99,635. Hal ini menunjukkan bahwa kedua sensor *turbidity* menghasilkan nilai yang cukup mendekati nilai *turbidity solution* yang digunakan yaitu 100 NTU.

Hasil Uji Coba dan Pengambilan Data Jaringan IoT dengan Protokol ESP-NOW

Pada saat ini, penelitian berhasil mendapatkan data komunikasi *node 1* ke *gateway* menggunakan protokol ESP-NOW. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11, pengambilan data dilakukan untuk memastikan paket data yang dikirim melalui *node* menuju *gateway* berhasil atau tidak.

```

17:55:34,555 -> Status Pengiriman Data Terakhir: Sukses
17:55:34,555 -> NODE 1 OK
17:55:34,555 -> Selesai
17:55:34,555 ->
17:55:36,555 -> 0.78 kValue
17:55:36,555 ->
17:55:36,555 -> TDS: 1892.9 ppm
17:55:36,555 -> Suhu: -127.0 °C
17:55:36,676 -> pH: 2.53
17:55:36,676 -> Turbidity: 0.00 NTU
17:55:36,676 ->
17:55:36,676 -> Data Berhasil Terkirim
17:55:36,676 ->
17:55:36,676 -> Status Pengiriman Data Terakhir: Sukses
17:55:36,676 -> NODE 1 OK
17:55:36,676 -> Selesai
17:55:36,676 ->
17:55:38,652 -> 0.78 kValue
17:55:38,652 ->
17:55:38,652 -> TDS: 1892.9 ppm
17:55:38,652 -> Suhu: -127.0 °C
17:55:38,778 -> pH: 2.53
17:55:38,778 -> Turbidity: 0.00 NTU
17:55:38,778 ->
17:55:38,778 -> Data Berhasil Terkirim
17:55:38,778 ->
17:55:38,778 -> Status Pengiriman Data Terakhir: Sukses
17:55:38,778 -> NODE 1 OK
17:55:38,778 -> Selesai
17:55:38,778 ->
17:55:40,771 -> 0.78 kValue

```

Gambar 11. Tampilan serial monitor *node 1* saat uji coba protokol ESP-NOW

Gambar 11 dan Gambar 12 merupakan tampilan serial monitor Arduino IDE yang menunjukkan status berhasil atau tidaknya pengiriman paket data ke gateway pada topologi node. Ini memudahkan proses analisis pengiriman data melalui protokol ESP-NOW karena tipe data yang dikirimkan adalah string.

```

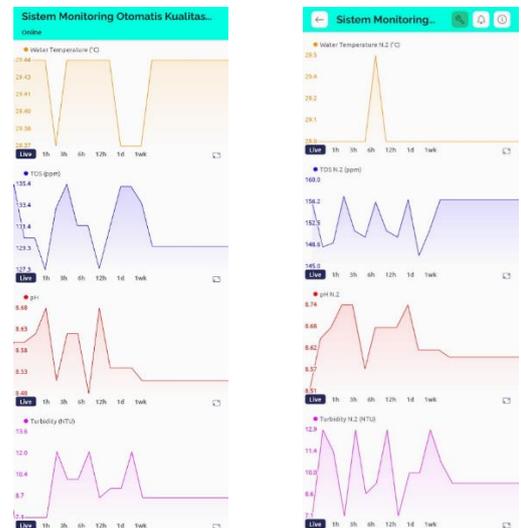
16:34:38.418 -> NODE 2 OK
16:34:38.418 -> Selesai
16:34:38.418 ->
16:34:40.419 -> 0.78 kValue
16:34:40.419 ->
16:34:40.419 -> TDS: 1892.9 ppm
16:34:40.419 -> Suhu: -127.0 °C
16:34:40.419 -> pH: 4.16
16:34:40.419 -> Turbidity: 38.57 NTU
16:34:40.419 ->
16:34:40.419 -> Data Berhasil Terkirim
16:34:40.419 ->
16:34:40.419 -> Status Pengiriman Data Terakhir: Sukses
16:34:40.419 -> NODE 2 OK
16:34:40.419 -> Selesai
16:34:40.419 ->
16:34:42.407 -> 0.78 kValue
16:34:42.407 ->
16:34:42.407 -> TDS: 1892.9 ppm
16:34:42.407 -> Suhu: -127.0 °C
16:34:42.407 -> pH: 3.91
16:34:42.407 -> Turbidity: 30.71 NTU
16:34:42.407 ->
16:34:42.407 -> Data Berhasil Terkirim
16:34:42.407 ->
16:34:42.407 -> Status Pengiriman Data Terakhir: Sukses
    
```

Gambar 12. Tampilan serial monitor node 2 saat uji coba protokol ESP-NOW

Pada langkah selanjutnya, didapatkan data komunikasi node 2 menuju gateway dengan protokol ESP-NOW. Pengambilan data dilakukan dengan melihat status pengiriman paket data berhasil atau tidak berhasil pada topologi node menuju gateway, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

Hasil Pengujian Interface pada Android APP Blynk IoT

Dalam bagian ini, dilakukan pengujian tampilan interface Blynk IoT yang dibuat pada aplikasi Android ditunjukkan pada Gambar 13. Tampilan ini berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan sensor secara realtime dalam bentuk grafik pada masing-masing node.



Gambar 13. Hasil pengujian interface node 1 dan 2

Pengujian telah menunjukkan bahwa sistem kontrol dan monitoring otomatis kolam ikan yang menggunakan mikrokontroler ESP32 dan Blynk IoT beroperasi dengan baik. Pengujian terhadap masing-masing sensor, mulai dari proses kalibrasi hingga menentukan feedback aktuator penstabil pH dan kekeruhan air, menunjukkan hasil yang sesuai dengan perancangan.

Hasil Pengujian Keseluruhan pada Kolam Ikan Mujair

Setelah tahap kalibrasi pada masing-masing sensor selesai, penelitian berlanjut untuk menguji sensor dan aktuator yang menggunakan motor DC pump di kolam ikan mujair, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengujian keseluruhan pada kolam ikan mujair

Selanjutnya, pengujian dilakukan dengan mengambil data sensor enam kali dan mengamati aktivasi motor DC pump berdasarkan skenario yang telah ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel pengujian keseluruhan pada kolam ikan mujair

Skenario	Data sensor				Motor pump				Waktu kestabilan pembacaan sensor (detik)	Status	
	1	2	3	4	1	2	3	4			
pH<7											
Turbidity>100	6,92	98,86	28,53	482	ON	OFF	OFF	OFF	5	Berhasil	
Suhu = 28											
TDS = 475											
pH<7											
Turbidity>100	6,88	101,37	28,41	479	ON	OFF	ON	ON	8	Berhasil	
Suhu = 28											
TDS = 475											
pH=7											
Turbidity<100	7,01	99,15	28,72	480	OFF	OFF	OFF	OFF	4	Berhasil	
Suhu = 28											
TDS = 475											
pH=7											
Turbidity>100	7,05	101,96	28,66	485	OFF	OFF	ON	ON	7	Berhasil	
Suhu = 28											
TDS = 475											
pH>7											
Turbidity<100	7,10	98,78	28,49	481	OFF	ON	OFF	OFF	6	Berhasil	
Suhu = 28											
TDS = 475											
pH>7											
Turbidity>100	7,13	102,13	28,62	486	OFF	ON	ON	ON	4	Berhasil	
Suhu = 28											
TDS = 475											
Persentase keberhasilan (%)										100%	

Keterangan:
 Data sensor:
 1. sensor pH (pH)
 2. sensor turbidity (NTU)
 3. sensor suhu (°C)
 4. sensor TDS (ppm)
 Motor pump:
 1. motor untuk menaikkan pH
 2. motor untuk menurunkan pH
 3. motor pembuangan air
 4. motor pengisian air

Terdapat enam skenario yang dilakukan dalam pengujian keseluruhan pada kolam ikan mujair. Skenario pertama yaitu dengan pengaturan nilai pH<7, *turbidity*<100, suhu = 28 dan TDS = 475. Skenario kedua yaitu dengan pengaturan nilai pH<7, *turbidity*>100, suhu = 28 dan TDS = 475. Skenario ketiga yaitu dengan pengaturan nilai pH=7, *turbidity*<100, suhu = 28 dan TDS = 475. Skenario keempat yaitu dengan pengaturan nilai pH=7, *turbidity*>100, suhu = 28 dan TDS = 475. Skenario kelima yaitu dengan pengaturan nilai pH>7, *turbidity*<100, suhu = 28 dan TDS = 475. Skenario keenam yaitu dengan pengaturan nilai pH>7, *turbidity*>100, suhu = 28 dan TDS = 475. Dari keenam skenario yang dijalankan semuanya berhasil sehingga dapat diketahui persentase keberhasilan sistem secara keseluruhan yaitu 100%.

PENUTUP

Dalam pembuatan alat yang dapat berfungsi sebagai sistem pemantauan dan kontrol kualitas air otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 dengan protokol komunikasi ESP-NOW, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Perancangan alat yang dimaksud mencakup pendalaman materi terkait kondisi air ideal untuk kolam ikan mujair, desain sistem dari input hingga output, topologi jaringan yang digunakan, bagaimana alat akan digunakan dalam kondisi lapangan, pengumpulan dan analisis data, dan pengambilan kesimpulan. Fokus perancangan alat ini akan menghasilkan sebuah alat yang terdiri dari 2 *node* dan 1 *gateway* yang dalam fungsinya dapat secara otomatis memonitor dan mengontrol kualitas air, terutama untuk kolam ikan mujair. Kalibrasi harus dilakukan dengan parameter yang telah diketahui nilainya untuk mendapatkan hasil pembacaan sensor yang stabil dan mendekati *set-point* yang diinginkan. Tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan sebesar 100% telah dicapai melalui pengembangan alat yang memiliki sistem pengawasan dan kontrol kualitas air otomatis berbasis ESP32 dengan protokol komunikasi ESP-NOW yang memiliki penstabil pH dan kekeruhan pada kolam ikan mujair.

Penulis menyarankan untuk menambahkan antena eksternal ke board *node* dan *gateway* jika protokol komunikasi ESP-NOW digunakan. Penambahan antena digunakan untuk mendapatkan sinyal yang lebih jauh dan menghindari gangguan sinyal selama pengiriman dan penerimaan paket data. Masalah ini juga dapat diselesaikan dengan mengembangkan teknologi nirkabel, yaitu jaringan *LoRa*, yang memungkinkan jarak yang lebih jauh dan tidak memerlukan banyak daya.

DAFTAR PUSTAKA

Alwansyah & Fahrurozi, A. (2024). Implementasi internet of things (IoT) untuk sistem monitoring kualitas air shrimp farming vaname pada aplikasi berbasis android.

Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa, 29(1), 71-85.

Chuzaini, F. & Dzulkifli. (2022). IoT monitoring kualitas air dengan menggunakan sensor suhu, ph, dan total dissolved solids (TDS). *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11(3), 46-56.

Firmansyah, M. T., Susilo, B. W., Priyambodo, A., Fatoni, N., Eka, S. W., & Dwi, A. P. (2021). Implementasi perluasan jaringan internet melalui kombinasi jaringan wireless dan kabel (studi kasus di dusun Margosari, Kendal). *Jurnal Cakrawala Informasi*, 1(2), 66-74.

Gerungan, R. A., Rompas, I. F. X. & Pandelaki, M. C. T. (2021). Perspektif pembudidaya ikan mujair terhadap pemeliharaan sistem resirkulasi ramah lingkungan. *Al Ulum Sains dan Teknologi*, 6(2), 63-69.

Handandi, Z. Z., Hidayana, E., Setiawan, E., Juniani, A. I., Nugraha, A. T. & Amelia, P. (2024). Utilizing total dissolved solids (TDS) sensor for dissolved solids measurement in the water. *Journal Of Industrial And Systems Opmizaon (JISO)*, 7(1), 22-30.

Indartono, K., Kusuma, B. A., & Putra, A. P. (2020). Perancangan sistem pemantau kualitas air pada budidaya ikan air tawar. *Journal of Information System Management (JOISM)*, 1(2), 11-17.

Iskandar, I. (2021). Pengaruh perbedaan salinitas terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 3(1), 44-51.

Latekeng, N., Tansa, S., Yunginger, R. & Nasibu, I. Z. (2024). Monitoring kualitas air sungai (kekeruhan, suhu, TDS, pH) menggunakan mikrokontroler atmega 328. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6(1), 70-75.

Pandawana, I. D. G. A., Partama, I. G. Y., Puspitawati, N. M. D., Dwipa, I. M. S., & Sari, P. A. P. (2023). Penerapan teknologi smart jair berbasis IoT dalam meningkatkan produktivitas budidaya ikan mujair dan mitigasi kematian ikan massal di KJA danau Batur-Kintamani. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(6), 13013-13018.

Pradani, E. R. K., Fitriani, I. M., & Herasmara, R. (2022). Perancangan sistem pemantauan kondisi air pada kolam ikan nila berbasis Internet of Thing. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 1(3), 111-116.

Qantadikana, S., Hadriansa & Pamungkas, M. S. (2018). Rancang bangun alat penetas telur ikan mas teknik dengan kendali pengaturan suhu air menggunakan logic fuzzy kurva

- trapesium. *Journal of Applied Microcontrollers and Autonomous System*, 4(1), 26-34.
- Reforma, B. & Ma'arif, A., Sunardi. (2022). Alat pengukur kualitas air bersih berdasarkan tingkat kekeruhan dan jumlah padatan terlarut. *Jurnal Teknologi Elektro*, 13(2), 66-73.
- Sudarianto, T., & Mukti, A. R. (2023). Perancangan jaringan komputer menggunakan metode top down studi kasus STKIP Nurul Huda. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer*, 15(1), 175-186.
- Susanto, R. (2020). Rancang bangun jaringan VLAN dengan menggunakan simulasi Cisco Packet Tracer. *Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 4(2), 1-6.
- Tampi, S. S., & Raharjo, S. (2019). Perancangan jaringan komputer pada rumah sakit Soedarsono Darmosoewito di Batam. *Jurnal Jarkom*, 7(1), 44-59.