

Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Bibit Ikan Nila Menggunakan Algoritma Decision Tree

Abdul Salim^{1*}, Edidas²

^{1,2}Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP, Air Tawar Padang, Indonesia

*Corresponding author e-mail : abdulsalim0610@mail.com

ABSTRAK

Budidaya ikan nila di Indonesia masih banyak yang bersifat manual yaitu sistem kontrol air kolam budidaya ikan nila masih di kontrol oleh manusia. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang sebuah alat monitoring kualitas air yang membantu peternak ikan nila untuk memonitoring perkembangan bibit ikan nila serta mengontrol kolam apabila air pada kolam tersebut perlu diganti. Ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam proses monitoring dan pengontrolan terhadap kualitas air kolam bibit ikan nila, diantaranya adalah pH (*Potential Hydrogen*), suhu air dan kejernihan air kolam. Pada budidaya bibit ikan nila, pH air kolam yang dibutuhkan adalah 6,5-8,5 dan suhu air 26-30°C serta kejernihan air kolam kurang dari 60 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) agar bibit ikan nila tumbuh dengan baik. Dalam penelitian ini, objek yang digunakan adalah air bersih dan air kotor, yang dilakukan melalui proses perancangan dengan menggunakan sensor pH, suhu DS18B20, dan *turbidity*. Sistem pada kolam bibit ikan nila akan memproses pergantian air ketika nilai dari setiap sensor mencapai kondisi yang tidak memenuhi standar. Selain itu, kondisi air kolam juga akan ditampilkan pada LCD. Pengujian sensor pH, suhu DS18B20, dan *turbidity* memberikan hasil uji yang berbeda untuk setiap objek penelitian.

Kata kunci : pH Air Kolam, DS18B20, *turbidity*, *decision tree*.

ABSTRACT

Tilapia aquaculture in Indonesia is still mostly manual, namely the water control system for tilapia aquaculture ponds is still controlled by humans. The purpose of this study was to design a water quality monitoring tool that helps tilapia breeders to monitor the development of tilapia fingerlings and to control ponds when the water in the ponds needs to be replaced. There are several factors that must be considered in the process of monitoring and controlling the water quality of tilapia nursery ponds, including pH (Potential Hydrogen), water temperature and pond water clarity. In the cultivation of tilapia seeds, the required pond water pH is 6.5-8.5 and a water temperature of 26-30°C and the clarity of the pond water is less than 60 NTU (Nephelometric Turbidity Unit so that the tilapia seeds grow well. In this study, the objects used were clean water and dirty water, which was carried out through a design process using a pH sensor, DS18B20 temperature, and turbidity. The system in the tilapia nursery pond will process water changes when the values from each sensor reach conditions that do not meet the standards. In addition, the condition of the pool water will also be displayed on the LCD. Testing of the pH sensor, DS18B20 temperature, and turbidity gave different test results for each research object.

Keywords: Pond Water pH, DS18B20, *turbidity*, *decision tree*.

I. PENDAHULUAN

Kolam adalah tempat untuk mengembangbiakan ikan. Saat melakukan pembiakan ikan, penting untuk melakukan pemeriksaan terhadap kualitas air di dalam kolam tersebut. Kualitas air kolam memegang peranan yang sangat penting dalam keberhasilan

pembudidayaan ikan. Untuk menjaga agar kualitas air kolam tetap sehat dan baik, maka kondisinya harus selalu dijaga. Kendala umum dalam pembudidayaan ikan sering disebabkan oleh masalah lingkungan. Kualitas air kolam adalah faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan budidaya ikan. Untuk memastikan kondisi air kolam tetap sehat, perlu dijaga

dengan baik. Dalam pembudidayaan ikan, ikan nila adalah salah satu jenis ikan yang perlu dipertimbangkan kondisi air kolamnya. Jika kualitas air kolam menurun, maka perlu dilakukan pengurasan air untuk menghilangkan kotoran dan memperbaiki sirkulasi oksigen dalam kolam.

Alat ini menggunakan bibit ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai subjek untuk mengevaluasi kualitas air kolam. Dalam pembudidayaan bibit ikan nila, terdapat beberapa kondisi yang harus dipenuhi, yaitu: 1) Kualitas air kolam yang digunakan untuk budidaya bibit ikan nila harus bersih. Kekeruhan maksimum yang aman bagi bibit ikan nila adalah sebesar <60 NTU (Nephelometric Turbidity Units). 2) Suhu air yang optimal untuk budidaya ikan nila berkisar antara 26°C - 30°C . Di daerah-daerah dengan suhu air yang relatif rendah, diperlukan pemanas (heater) untuk menjaga suhu air agar tetap stabil. 3) Keasaman air kolam adalah 6,5–8,5. Berikut adalah standar yang dianggap baik untuk kehidupan nila pada air kolam [1].

Tabel 1. Standar Kualitas Air Kolam Bibit Ikan Nila

No	Patokan	Nilai
1	pH	6,5-8,5
2	Suhu	26-30 $^{\circ}\text{C}$
3	Kekeruhan	< 60 NTU

Alat ini difokuskan pada perancangan kontrol suhu, pH, dan kejernihan air kolam menggunakan modul Arduino Mega 2560. Dalam penelitian ini, tujuan utama dari pengembangan sistem adalah untuk mempertahankan kualitas air kolam dengan menjaga suhu, pH, dan kejernihan air yang sesuai dengan nilai yang diinginkan.

Sistem kontrol yang digunakan sebagai bagian dari sistem adalah modul kontrol dengan menggunakan sensor suhu DS18B20, sensor pH, dan sensor turbidity. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai kontroler untuk mengendalikan sistem kontrol pada kolam.

Adapun alat- alat yang dibutuhkan untuk membuat sistem pemantauan kualitas air dalam pembudidayaan bibit ikan nila ini adalah sebagai berikut:

Sensor DS18B20

DS18B20 merupakan jenis sensor suhu yang dikeluarkan oleh produsen Maxim yang berfungsi untuk mendeteksi suhu dengan rentang -55°C sampai 125°C dan tingkat akurasi ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) serta resolusi 9-12 bit. Sensor ini memiliki keunikan yaitu mampu membaca data keluaran dari beberapa sensor yang disusun secara paralel hanya dengan menggunakan

satu kabel data atau (OneWire) [2]. Sensor suhu DS18B20 dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sensor Suhu DS18B20

Sensor pH

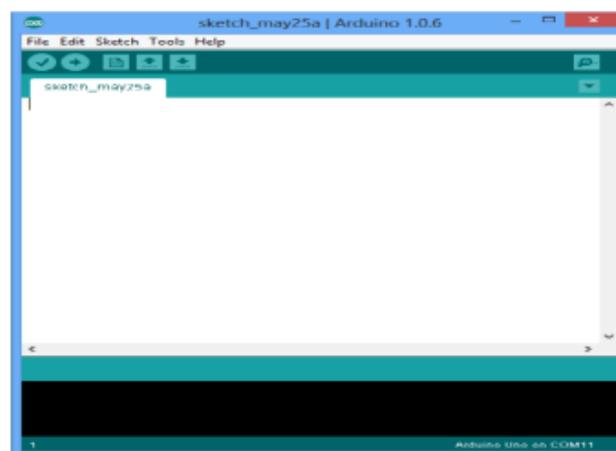
Sensor pH digunakan untuk mengukur konsentrasi hidrogen dalam larutan. Sensor pH bekerja dengan cara mengukur konsentrasi ion *hydrogen* (H^+) pada suatu cairan dengan menggunakan elektroda yang terhubung pada sensor tersebut. Untuk melakukan pengukuran kadar air, digunakan sebuah sensor pH dan sebuah rangkaian yang menggunakan kit analog pH meter dari DFRobot [3]. Sensor pH ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Sensor pH

Arduino IDE

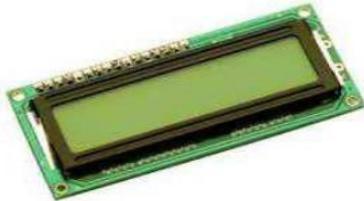
IDE (Integrated Development Environment) adalah program komputer yang berfungsi sebagai alat bantu dalam pengembangan aplikasi mikrokontroler, mulai dari menulis kode program, melakukan kompilasi, mengunggah hasil kompilasi, hingga menguji aplikasi melalui terminal serial [4]. IDE arduino terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. IDE Arduino

LCD 16X2

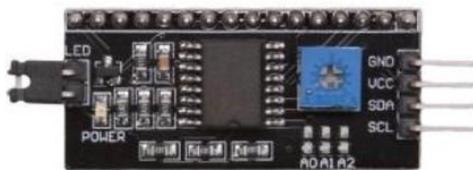
LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah komponen yang digunakan untuk menampilkan teks, baik dalam bentuk karakter, angka, maupun grafik. Teknologi yang digunakan dalam LCD adalah CMOS *Logic*, sehingga cahaya yang dihasilkan dapat memantulkan cahaya dari depan atau mentransmisikan cahaya dari belakang melalui *backlight*. Fungsi utama dari LCD adalah untuk menampilkan data dengan jelas dan mudah dibaca [5]. *Liquid Crystal Display 16X2* ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Liquid Crystal Display 16X2

Modul I2C (Inter-Integrated Circuit)

Modul I2C merupakan sebuah modul yang dapat melakukan komunikasi serial secara dua arah dengan menggunakan dua jalur komunikasi, yang dirancang untuk mengirim dan menerima data. Sistem I2C terdiri dari jalur SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya [6]. Modul I2C dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Modul I2C

Pompa Air Mini

Water pump merupakan sebuah pompa air yang berukuran kecil dan menggunakan motor pompa air celup. Pompa air mini ini umumnya digunakan pada berbagai aplikasi seperti akuarium, kolam ikan atau proyek yang berbasis mikrokontroler. Mini *Submersible Water pump* menggunakan motor DC yang bekerja dengan tegangan DC 12V, kelebihan mini *water pump* ini yaitu tidak berisik dalam penggunaannya [7]. Pompa Air Mini ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Pompa Air Mini

Pemanas Air (Water Heater)

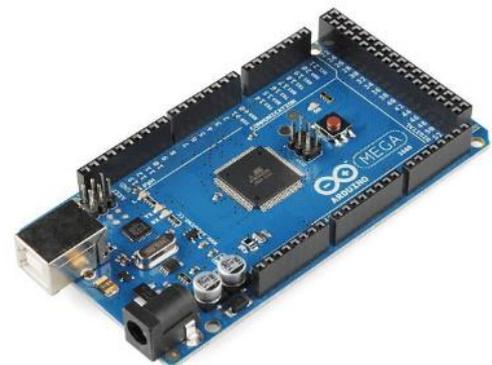
Water heater ialah perangkat yang berguna untuk menghangatkan air dengan menggunakan sumber energi sebagai pemanasnya. *Water heater* berperan dalam menjaga stabilitas suhu bagi ikan. Perubahan suhu yang besar dan suhu ekstrem, seperti suhu yang rendah di daerah dataran tinggi, sangat berdampak pada kesehatan ikan dalam budidaya [8]. Pemanas air (*water heater*) ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemanas Air (Water Heater)

Arduino Atmega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan suatu papan mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega2560. Terdapat 54 pin input/output digital pada Arduino Mega 2560 (15 di antaranya digunakan sebagai output PWM), 16 pin input analog, 4 pin sebagai UART (port serial hardware), kristal osilator 16 MHz, koneksi USB, header ICSP, dan tombol reset [9]. Arduino atmega 2560 ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Arduino atmega 2560

Sensor Turbidity

Turbidity sensor adalah sebuah alat yang digunakan untuk memeriksa kekeruhan suatu cairan, seperti partikel yang sulit larut seperti sisa daun yang jatuh ke dalam air kolam. Fungsi dari *turbidity* sensor adalah untuk mengetahui tingkat kekeruhan air, yang dapat menyebabkan berbagai penyakit jika dikonsumsi atau adanya organisme hidup di dalam air tersebut. Nilai yang dihasilkan oleh turbidity sensor

menunjukkan apakah air tersebut bersih atau kotor (keruh). Sensor *turbidity* ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Sensor Turbidity

Modul Relay

Modul *relay* merupakan sebuah komponen penggerak kontaktor yang memiliki fungsi seperti saklar dengan memanfaatkan prinsip elektromagnetik. Cara operasi modul *relay* hampir identik dengan saklar, tetapi modul *relay* memerlukan sumber arus listrik agar dapat dioperasikan secara otomatis, sedangkan saklar dioperasikan secara manual. Modul *relay* ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Modul Relay

Decision Tree

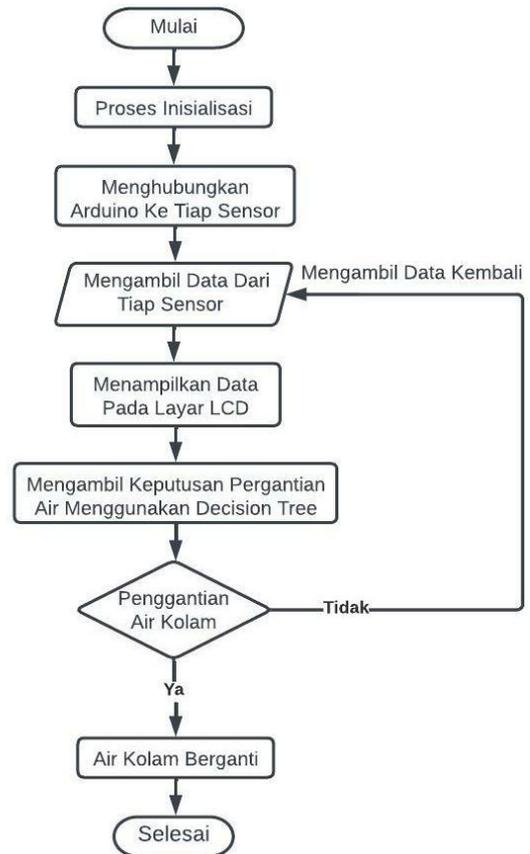
Decision Tree merupakan teknik pengambilan keputusan dengan menggunakan klasifikasi berdasarkan struktur pohon yang memuat *alternative* [10].

Terdapat tiga komponen utama dalam Decision Tree, ialah:

1. Node Akar (Root Node) Node ini berada pada bagian atas pada pohon keputusan.
2. Node Internal (Internal Node) Node ini adalah cabang dari pohon dan memiliki satu input dan mempunyai minimal dua output.
3. Node Daun (Leaf Node) Node ini ialah akhir dari pohon keputusan, memiliki satu input saja, dan tidak mempunyai output.

II. METODE

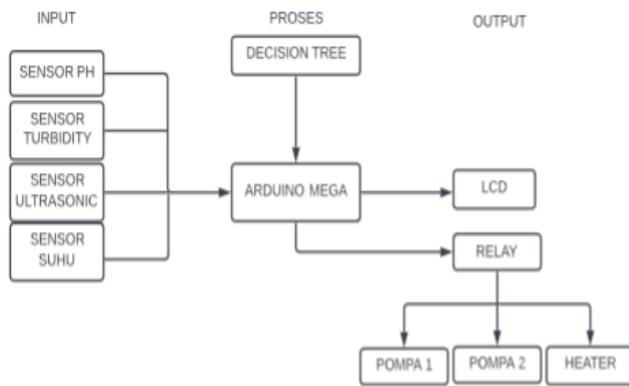
Decision tree merupakan sebuah metode prediksi yang terdiri dari simpul dan cabang, yang direpresentasikan dalam bentuk model pengetahuan. Pada perancangan sistem dengan metode *decision tree*, terdapat beberapa proses yang harus dilakukan, seperti menentukan dataset yang diperoleh dari pengujian alat, membuat pohon keputusan, dan membuat aturan-aturan (rule). *Flowchart* alat ini bisa dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Flowchart

Gambar 11. menunjukkan tahapan awal dalam proses *monitoring*, yaitu menginisialisasi perangkat dan menghubungkan Arduino Mega dengan setiap sensor yang akan digunakan, termasuk pH, suhu DS18B20, dan *turbidity*. Setelah itu, sensor-sensor tersebut dimasukkan ke dalam air kolam untuk mengukur pH, kelembaban, suhu, dan kebersihan air. Hasil pengukuran tersebut kemudian ditampilkan di LCD dan dikirimkan ke pengguna untuk membantu dalam pengambilan keputusan menggunakan algoritma *decision tree* apakah perlu dilakukan pergantian air atau tidak. Blok diagram ditunjukkan oleh Gambar 12.

Blok Diagram



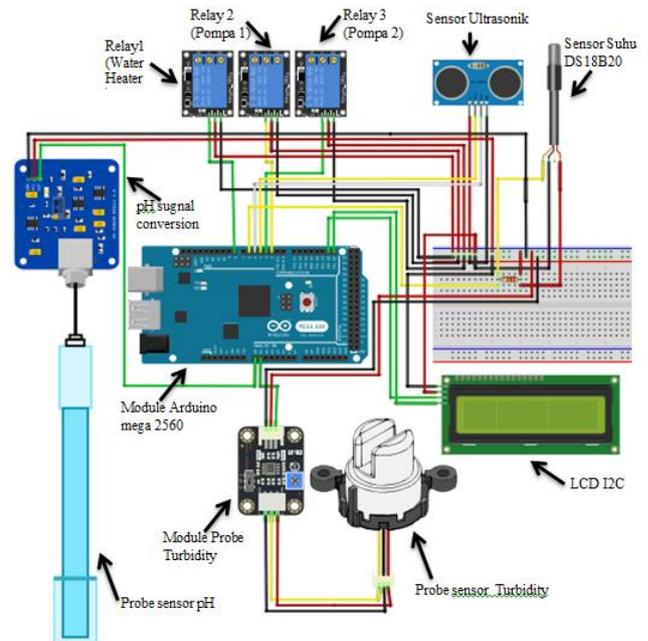
Gambar 12. Blok Diagram

Berdasarkan blok diagram diatas, cara kerja alat ini adalah:

- Sensor ultrasonik merupakan sensor jarak yang menggunakan gelombang suara untuk pendeteksi ketinggian air kolam.
- Sensor pH sebagai pendeteksi tingkat pH air kolam.
- Sensor *turbidity* berfungsi mengidentifikasi kejernihan air kolam.
- Sensor suhu berfungsi untuk mendeteksi suhu air kolam.
- Arduino mega 2650 digunakan sebagai pengontrol utama dalam alat ini berfungsi untuk mengirimkan perintah ke relay dan LCD.
- Decision tree* digunakan untuk mengambil keputusan dalam pergantian air kolam.
- Pompa 1 digunakan untuk mengisi air kolam.
- Pompa 2 digunakan untuk membuang air kolam.
- heater digunakan menghangatkan air kolam.
- LCD digunakan untuk menampilkan data yang diperoleh dari input.

Perancangan Hardware

Berikut adalah ilustrasi desain sistem pemantauan kualitas air dalam pembudidayaan bibit ikan nila yang menggunakan algoritma *decision tree*. Rangkaian sistem ditunjukkan oleh Gambar 13.



Gambar 13. Rangkaian Sistem

Pada perancangan *hardware* sistem pemantauan kualitas air pada budidaya bibit ikan nila menggunakan algoritma *decision tree*, dilakukan pembuatan skema wiring diagram sistem dengan aplikasi *Fritzing*. Sumber daya yang digunakan adalah *power supply* 12V. Komponen yang digunakan dalam perancangan *hardware* ini meliputi modul Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan beberapa input seperti sensor ultrasonik, sensor pH, suhu DS18B20, dan sensor *turbidity*. Selain itu, Arduino Mega 2560 juga terhubung dengan output berupa LCD 16x2 yang dilengkapi dengan modul I2C, serta tiga *relay* yang terhubung dengan *water heater* dan dua pompa. Terdapat pula papan kayu sebagai alas dan tempat untuk kedua pompa serta sebagai tempat untuk *box controller* agar memudahkan pengguna dalam melihat informasi kondisi akuarium.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk penelitian ini, digunakan akuarium yang terbuat dari PVC (*Polyvinyl Chloride*) dengan tambahan papan kayu di bagian bawahnya sebagai alas dan tempat untuk kedua pompa serta sebagai lokasi untuk *box controller* agar informasi mengenai kondisi akuarium dapat dengan mudah terlihat pada tampilan LCD. *Box controller* berisi Arduino Mega 2650 yang telah dihubungkan dengan sensor suhu DS18B20, sensor pH, sensor *Turbidity*, sensor ultrasonik, LCD, kedua pompa dan *heater*. Hasil perancang sistem kendali otomatis ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Bentuk Fisik Aquarium

Selama proses perancang sistem kendali otomatis ini, perangkat keras yang digunakan perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum dirancang menjadi sistem yang utuh. Pengujian pada perangkat keras dilakukan untuk memeriksa kinerja dan keefektifannya.

Pengujian sensor pH

Pengujian sensor pH dengan cara mengukur parameter asam, basa dan netral dengan cara mengambil sampel air akuarium yang kemudian diukur menggunakan sensor pH analog. Setiap nilai keluaran pada sensor pH analog akan dibandingkan dengan pH meter digital ATC dengan nilai keakurasian $\pm 0,1$ pH. Cara pengukuran nilai pH pada sampel air akuarium dapat dilihat pada Gambar 15. di bawah ini.



Gambar 15. Pengujian Pengukuran Nilai pH Air

Ketika sensor pH analog dimasukkan pada sampel air akuarium maka mikrokontroler akan memproses data yang didapatkan dari sensor pH analog dengan mengubah nilai ADC (Analog to Digital Converting) menjadi nilai tegangan dan nilai pH. Dimana hasil pengukurannya pada tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor pH Analog dan pH Digital

No	Pembacaan Sensor pH		Suhu Air
	Sensor pH analog	pH meter digital	
1	6.74	6.7	27.25°C
2	6.74	6.7	27.25°C
3	6.77	6.8	27.25°C
4	6.77	6.8	27.25°C
5	6.77	6.8	27.25°C

Hasil pengujian pada tabel 2. menjelaskan bahwa selisih pengukuran antara sensor pH analog dengan sensor pH meter digital adalah sebesar ± 0.1 pH pada suhu 27.25°C.

Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor DS18B20 dilakukan tidak lain hanya untuk mengukur tingkat suhu pada air dalam Celcius, dimana suhu air sangat mempengaruhi nilai pengukuran sensor TDS dan sensor pH sehingga sangat penting melakukan pengujian sensor DS18B20. Pada Tabel berikut dipaparkan hasil pengukuran yang didapatkan pada pengujian sensor DS18B20. Gambar 16. di bawah ini memperlihatkan metode pengujian suhu air menggunakan sensor DS18B20.



Gambar 16. Pengujian Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sebuah jenis sensor suhu digital, sehingga proses pengujian terhadapnya cukup mudah dilakukan. Data hasil pengujian sensor DS18B20 pada sampel air di dalam akuarium telah dicatat dan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Sensor DS18B20 dengan Thermometer Analog

No	Sensor DS18B20	Thermometer analog
1	24.59°C	24°C
2	24.62°C	24°C
3	24.62°C	24°C
4	24.62°C	24°C
5	24.62°C	24°C

Hasil pengujian pada Tabel 3. menunjukkan pengukuran pada sampel air akuarium dengan selisih pengukuran sebesar 0.62 °C, hal ini disebabkan karena sulitnya untuk menentukan angka yang tepat pada

thermometer analog sehingga hanya diambil angka didepan koma.

Pengujian Tegangan Relay



Gambar 17. Penguji tegangan relay

Pengujian *relay* pada Gambar 17. Di atas dilakukan untuk mengevaluasi respon output ketika diberikan tegangan 12V. Data hasil uji output dapat ditemukan pada tabel 4. berikut.

Tabel 4. Pengujian Tegangan Relay

No	Tegangan Arduino(V)	Kondisi Relay	Kondisi Output	Keterangan
1	12	No-Nc	Hidup	Baik
2	0	Nc-No	Mati	Baik

Pengujian Sensor Ultrasonik



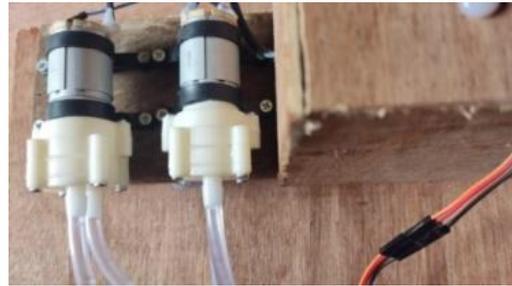
Gambar 18. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian terhadap Sensor Ultrasonik pada Gambar 18. digunakan untuk mengetahui apakah hasil pengukuran tinggi air kolam terukur akurat. Untuk mengetahui tinggi air kolam yang akurat maka dilakukan perbandingan hasil pengukuran sensor ultrasonik dengan pengukuran manual. Data hasil uji coba dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Tegangan Sensor Ultrasonik

No	Jarak asli(cm)	Jarak diukur sensor ultrasonik(cm)	Selisih(cm)
1	3	3	0
2	5	5	0
3	8	8	0
4	10	10	0
5	15	15	0

Pengujian water pump DC



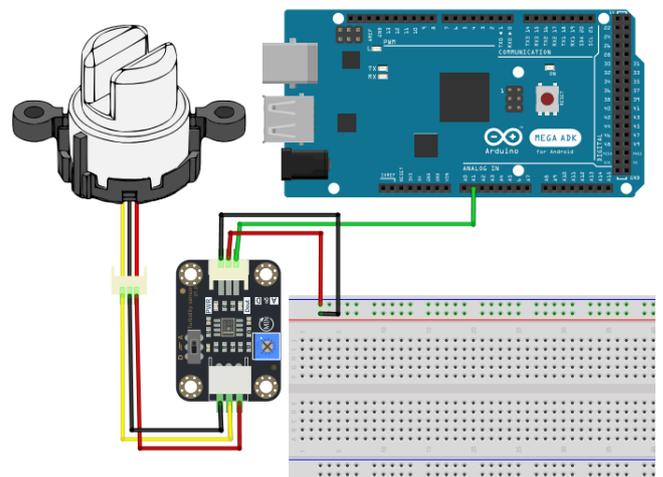
Gambar 19. Pengujian Water Pump DC

Pengujian untuk mengecek kondisi water pump DC ditunjukkan pada Gambar 19. Di terbagi menjadi dua, yaitu ketika dalam kondisi *low* atau mati, dan kondisi *high* atau hidup. Tegangan *water pump* DC diukur dengan menggunakan jalur yang menghubungkan *output* ESC dengan *ground* pada tegangan 12V. Hasil pengujian *water pump* DC pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Water Pump DC

No	Kondisi water pump DC	Tegangan (V)
1	0	0
2	1	12,0

Pengujian Sensor turbidity



Gambar 20. Rangkaian pengujian sensor turbidity

Rangkaian pengujian sensor turbidity ditunjukkan oleh Gambar 20. Uji coba pengondisian sinyal sensor kekeruhan dilakukan dengan menggunakan larutan bubuk kopi yang memiliki karakteristik kekeruhan sebesar 480 NTU. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan menggunakan dua alat yang berbeda, yaitu *WatesQy Device* dan *Turbidity Meter*.

Tabel 7. Hasil Uji Sensor *Turbidity*

No	Tegangan Referensi (V)	Tegangan Input (V)	Pengukuran <i>WatesQy</i> (NTU)	<i>Turbidity</i> Meter (NTU)
1	5,0	2,2	487	480
2	5,0	2,2	484	480
3	5,0	2,2	483	480
4	5,0	2,2	480	480
5	5,0	2,2	485	480

Tabel 7 menunjukkan hasil uji pengondisian sinyal sensor kekeruhan dengan melakukan pengujian *WatesQy Device* dan *Turbidity* Meter secara bersamaan. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk memastikan bahwa nilai tegangan input sesuai dengan sensor kekeruhan.

Pengujian Alat

Cara kerja alat ini adalah ketika Arduino Mega 2560 menerima hasil nilai dari setiap sensor, pompa air akan diaktifkan jika dibutuhkan pergantian air. Setiap nilai yang diterima dari sensor akan mengaktifkan sistem relay untuk melakukan pergantian air dalam interval waktu tertentu. Pengujian alat dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Pengujian Alat

Sebagaimana dijelaskan pada sebelumnya, penelitian ini menggunakan dua jenis objek yaitu air bersih dan air kotor. Hasil pengujian yang ditampilkan oleh layar LCD pada percobaan sebelumnya ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian

No	Parameter	Air Bersih	Air Kotor
1	pH	7.02	5.84
2	Suhu	26 °C - 31 °C	26 °C - 31 °C
4	<i>Turbidity</i>	1 NTU	60 NTU

Pada tabel 8. di atas, dapat dilihat bahwa air kotor memiliki nilai pH terendah atau bersifat asam, dibandingkan dengan objek percobaan lainnya. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan keasaman pada air kotor yang digunakan dalam percobaan. Meskipun demikian, nilai dari sensor lainnya menunjukkan perbedaan yang signifikan antara setiap objek percobaan. Meskipun hasil yang ditampilkan pada layar LCD untuk setiap percobaan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena percobaan yang dilakukan hanya simulasi, dan tidak diaplikasikan langsung pada kolam ikan.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas, dapat diberi kesimpulan:

1. Sistem kolam ikan nila akan diatur oleh Arduino Mega 2560 yang berada dalam *mode on*. Setelah itu, LCD akan menampilkan kondisi air kolam terkait dengan pH, suhu dan *turbidity*, yang didesain sebelumnya.
2. Simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem *relay* akan memicu sirkulasi pergantian air saat nilai sensor tidak memenuhi standar yang ditetapkan untuk setiap sensor.
3. Secara keseluruhan, alat tersebut berhasil diimplementasikan sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya.

V. SARAN

Dari hasil penelitian tersebut, dapat diberi saran untuk pengembangan selanjutnya sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini, dapat melakukan pengecekan berkala setiap beberapa hari agar dapat mengetahui kondisi kolam ikan nila secara aktual.
2. Untuk mengembangkan lebih lanjut, dapat ditambahkan perangkat *smartphone* yang memungkinkan pemantauan jarak jauh terhadap kondisi air di dalam kolam ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standar Nasional. (2009). Produksi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Bleeker). Kelas Benih Sebar. SNI 7550: 2009. 12 hlm.
- [2] Agus Faudin, (2018). Tutorial mengakses sensor suhu ds18b20. Website: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-mengakses-sensor-suhu-ds18b20/>, diakses tanggal 02 September 2022.
- [3] Amani, F., & Prawiroredjo, K. (2016). Alat ukur kualitas air minum dengan parameter pH, suhu,

- tingkat kekeruhan, dan jumlah padatan terlarut. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 14(1).
- [4] Andrianto, H. & Darmawan, A. (2017). *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*. Bandung: Informatika.
- [5] Aris Munandar, (2012). Liquid Crystal Display lcd 16x2. Website: <http://www.Leselektronika.com/2012/06/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2.html/>, diakses tanggal 02 September 2022.
- [6] Elektronika, L. (2018). “cara program i2c display oled 0.96 inch 128x64 pixel menggunakan arduino”, teknik elektronika. available at: <http://www.labelektronika.com/2018/02/cara-program-display-oled-menggunakan-arduino.html>, diakses tanggal 02 September 2022.
- [7] S. C. S. dan J. T. Kuncheria. “modelling and simulation of four quadrant operation of three phase brushless dc motor with hysteresis current controller,” *ijareeie*, vol. 2, no. 6, pp. 2320-3765, 2013.
- [8] Bandung, Steven. Hesky Stevy Kolibu. Verna Albert South. Rancang bangun sistem kontrol suhu dan ketinggian air untuk pemijahan ikan dengan menggunakan logka fuzzy. *JdC*, Vol. 4, No. 2, September 2015.
- [9] Purnomo, S. (2013). Perancangan sistem keamanan rumah berbasis sms gateway menggunakan mikrokontroler arduino atmega 2560. 1–15
- [10] Suyanto, (2007). “*Artificial Intelligence (Searching, Reasoning, Planning dan Learning)*”, Informatika Bandung.