

SISTEM KONTROL TEMPERATUR, PH, DAN KEJERNIHAN AIR KOLAM IKAN BERBASIS ARDUINO UNO

Khaidir Hakam Gilang Ahmad

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : khaidirahmad@mhs.unesa.ac.id

Bambang Suprianto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : bambangsuprianto@unesa.ac.id

Abstrak

Kualitas air merupakan faktor terpenting dalam proses pembudidayaan ikan. Budidaya ikan itu sendiri tidak dapat lepas dari berbagai kendala dan resiko, kendala yang sering muncul biasanya disebabkan oleh masalah lingkungan dan serangan penyakit. Dari permasalahan tersebut kualitas air merupakan faktor utamanya. Sistem kontrol temperatur, pH, dan kejernihan air kolam diharapkan menjadi suatu sistem yang dapat memantau temperatur, pH, dan kejernihan air serta dapat mengkondisikannya kedalam parameter-parameter yang ditentukan. Perancangan *hardware* menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pusat kontrol dengan memasukkan program IDE Arduino yang terintegrasi dengan aktuatur pemanas (*water heater*), pompa air, dan sensor. Dengan sensor DS18B20 sebagai pembaca kondisi suhu, sensor pH sebagai pembaca kondisi pH, dan sensor LDR sebagai pembaca kondisi kekeruhan air. Hasil penelitian menunjukkan sistem dapat bekerja dengan baik dengan persentase *error* sensor suhu = 0,36%; *error* sensor pH = 0,90%; dan *error* sensor LDR = 3,32%. Mode penghangatan akan aktif pada suhu < 24°C dan akan *off* pada suhu ≥ 28°C. Mode pengurusan terhadap pH dan kejernihan air akan aktif apabila pH air < 6,5 dan > 8 serta apabila tingkat kejernihan air ≥ 180 NTU.

Kata Kunci: Sistem Otomasi, Arduino Uno, DS18B20, Sensor pH, LDR (*Light Dependent Resistor*)

Abstract

Water quality is the most important factor in the process of fish farming. The cultivation of fish can't be separated from various obstacles and risks, obstacles that often arise are usually caused by environmental problems and disease attacks. From these problems water quality is the main factor. The temperature, acidity, and turbidity system of pond water are expected to be a system that can monitor the temperature, acidity, and turbidity, then can condition it into specified parameters. The hardware design uses the Arduino Uno R3 as the control center by inputting an Arduino IDE program that integrated with the heater actuator (water heater), water pump, and sensor which DS18B20 sensor as reader of temperature condition, acidity sensor as reader of acidity water, and LDR (Light Dependent Resistor) as reader of turbidity condition. The result show that system can work with error percentage of DS18B20 sensor = 0,36%; error percentage of acidity sensor = 0,90%; and error percentage of turbidity sensor = 3,32%. The warmth mode for temperature will be active at < 24°C and will inactive at temperature ≥ 28°C. Drain mode for acidity and turbidity of water will be active when acidity is < 6,5 and > 8 and when turbidity water level is ≥ 180 NTU.

Keywords: Automation System, Arduino Uno, DS18B20, Acidity Sensor, LDR (*Light Dependent Resistor*)

PENDAHULUAN

Kualitas air merupakan parameter utama dalam keberhasilan usaha perikanan. Untuk mendapatkan kolam ikan yang sehat, kondisi air harus tetap dijaga. Pemeliharaan ikan tidak dapat lepas dari berbagai kendala dan resiko, kendala yang sering muncul biasanya disebabkan oleh masalah lingkungan dan serangan penyakit. Dari permasalahan tersebut kualitas air merupakan faktor utamanya (Cahyono, 2010).

Dalam penelitian ini ikan gurami (*Osphronemus goramy*) dipilih sebagai subjek perancangan untuk menentukan parameter kualitas air. Dalam pembudidayaannya, terdapat beberapa kondisi yang harus dipenuhi : 1) Kualitas air untuk pemeliharaan ikan gurami harus bersih, tidak terlalu keruh dan tidak tercemar bahan-bahan kimia beracun, dan minyak/limbah pabrik. Kekeruhan maksimal yang aman bagi ikan gurami adalah 180 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). 2) Suhu air

yang baik untuk pembudidayaan ikan gurami antara 24°C–28°C. Pada daerah-daerah yang suhu airnya relatif rendah diperlukan *heater* (pemanas) untuk mencapai suhu optimal yang relatif stabil. 3) Keasaman air berkisar antara 6,5–8.

Pada penelitian ini peneliti membahas tentang bagaimana merancang sebuah sistem kontrol temperatur, pH, dan kejernihan air kolam ikan dengan menggunakan mikrokontroler arduino Uno R3. Dimana tujuan dengan diterapkannya sistem ini dapat menjaga kualitas air kolam dan mempertahankan nilai suhu, pH, dan kejernihan air pada *setpoint*-nya.

Sistem kontrol yang diaplikasikan sebagai modul kontrol di dalam sistem menggunakan sensor suhu DS18B20, sensor pH, dan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), serta Arduino Uno R3 sebagai piranti data *akuisisi* untuk membaca sensor dan mengendalikan sistem kontrol pada kolam.

KAJIAN PUSTAKA

Sensor DS18B20

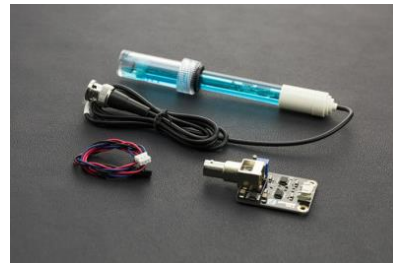
DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC yang mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang -55°C hingga 125°C dengan ketelitian ($\pm 0,5^\circ\text{C}$). Sensor ini menggunakan komunikasi 1-Wire yang artinya hanya memerlukan satu pin saja. Sensor DS18B20 memiliki keunikan yaitu 64-bit, yang memungkinkan DS18B20 terhubung ke beberapa fungsi yang sama melalui satu kabel yang sama.



Gambar 1 Sensor Suhu DS18B20 Waterproof
(Sumber: www.maximintegrated.com)

Sensor pH

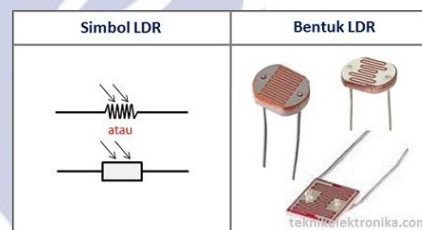
Prinsip kerja pH meter didasarkan pada pengukuran pH secara potensiometrik. Sistem pengukuran dalam pH meter berisi elektroda kerja dan elektroda referensi. Perbedaan potensial antara 2 elektroda tersebut sebagai fungsi dari pH dalam larutan yang diukur. Elektroda ini memonitor perubahan voltase yang disebabkan oleh perubahan aktivitas ion hidrogen (H^+) dalam larutan. Keluaran dari pH meter sudah dikalibrasi dalam mV dan kondisi ideal dari elektroda pH pada suhu 25°C. Dengan memonitor perubahan tegangan yang disebabkan oleh perubahan aktifitas ion hidrogen (H^+) dalam larutan maka pH larutan dapat diketahui.



Gambar 2 Sensor pH (SKU: SEN0161)
(Sumber: www.dfrobot.com)

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

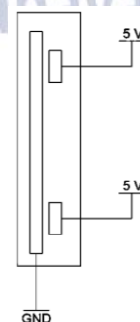
Light Dependent Resistor adalah resistor yang nilai hambatan atau nilai resistansinya tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Nilai hambatan LDR akan menurun pada saat cahaya terang dan nilai hambatannya akan menjadi tinggi jika dalam kondisi gelap. Dengan kata lain, fungsi LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah untuk menghantarkan arus listrik jika menerima sejumlah intensitas cahaya (kondisi terang) dan menghambat arus listrik dalam kondisi gelap.



Gambar 3 Simbol Dan Bentuk LDR
(Sumber: teknikelektronika.com)

Rangkaian Batas Level Air

Rangkaian ini bekerja seperti *switch* pada sebuah rangkaian pembagi tegangan. Sensor ini dibuat pada papan PCB dengan jalur elektrik. Rancangan ini hanya mengacu pada logika tinggi (*high*) dan logika rendah (*low*) dari Vcc. Basah → *High*
Kering → *Low*



Gambar 4 Rangkaian Batas Level Air
(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah prototyping platform sebuah paket berupa papan (*board*) elektronik (*hardware*) dan lingkungan pengembangan (*software*) yang memanfaatkan kemampuan mikrokontroler jenis tertentu. Mikrokontroler yang digunakan pada Arduino Uno adalah jenis Atmel seri ATmega 328 (Wardana, 2015).



Gambar 5 Arduino Uno
(Sumber: www.arduino.cc)

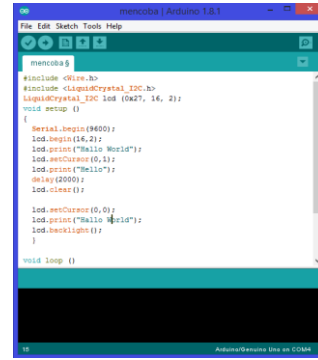
Tabel 1 Deskripsi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan pengoperasian	5 V
Tegangan input yang disarankan	7-12 V
Batas tegangan input	6-20 V
Jumlah pin I/O	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 Ma
Memori flash	32 KB (ATmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock speed	16 MHz

(Sumber: www.arduino.cc)

IDE Arduino

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan software yang digunakan untuk membuat kode program dilengkapi dengan fitur pada toolbar memiliki fungsi yang dapat membantu dalam menghubungkan program dengan mikrokontroler arduino. Untuk program Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini :



Gambar 6 Tampilan IDE Arduino Uno
(Sumber: www.arduino.cc)

Pemanas Air (*Water Heater*)

Water heater adalah alat yang digunakan untuk memanaskan air yang menggunakan energi sebagai sumber pemanas. *Heater* berfungsi memberikan kestabilan suhu pada ikan. Perpindahan suhu yang signifikan dan suhu yang terlalu ekstrim seperti suhu dingin di daerah dataran tinggi sangat mempengaruhi kesehatan ikan budidaya.



Gambar 7 Pemanas Air Resun 200 Watt
(Sumber: www.komponenelektronika.com)

Pompa Air Mini

Pompa air mini merupakan komponen elektronika yang terdiri dari motor sebagai penggerak utamanya. Prinsip kerja pompa air mini adalah dengan memindahkan sejumlah volume air melalui ruang *suction* menuju ke ruang *outlet* dengan menggunakan *impeller*, sehingga seluruh ruang udara terisi oleh air dan menimbulkan tekanan *fluida* untuk ditarik melalui tempat satu menuju ke tempat lainnya.



Gambar 8 Pompa Air Atman AT-105 50 Watt
(Sumber: www.wikikomponen.com)

LCD 16X2

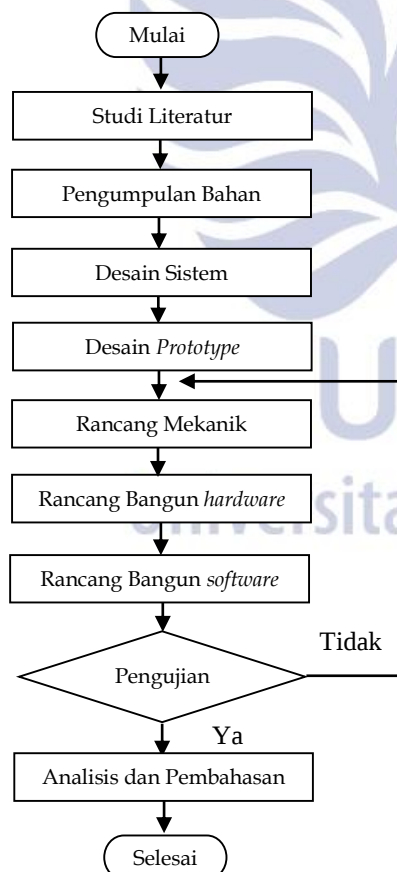
LCD (*Liquid Crystal Display*) 16X2 adalah salah satu alat yang digunakan sebagai tampilan. M1632 merupakan modul *dot-matrix* tampilan kristal cair dengan tampilan 2x16 baris dengan konsumsi daya rendah.



Gambar 9 LCD 16X2 M1632
(Sumber: teknikelektronika.com)

METODE PENELITIAN

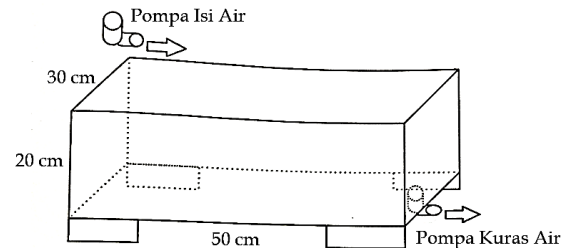
Pendekatan penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya. Tujuan metode kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori atau hipotesis yang berkaitan dengan fenomena alam. Gambar 10 menunjukkan alur penelitian :



Gambar 10 Alur Penelitian
(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Rancang Bangun Modul Kolam Ikan

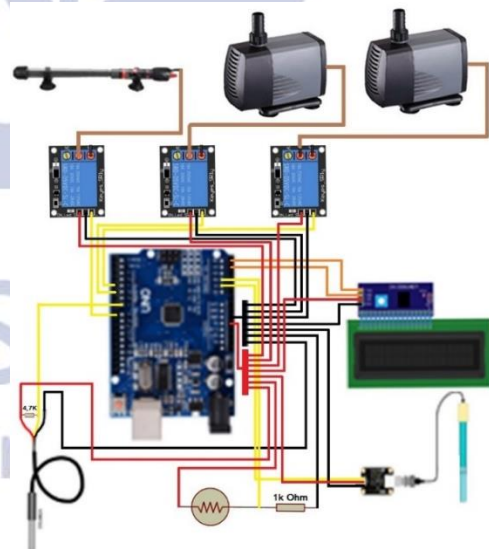
Rancang bangun modul kolam ikan dibuat berupa *prototype* berbahan *acrylic* dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 20 cm. Rancangan modul *prototype* kolam ikan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Desain *Prototype* Kolam Ikan
(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Rancang Bangun Hardware

Perangkat keras yang digunakan pada rancang bangun sistem elektrik antara lain sensor sebagai *input* sistem diantaranya sensor suhu DS18B20, sensor pH SKU:SEN0161, sensor LDR, rangkaian batas level air, Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler, *driver heater*, *driver pompa kuras air*, *driver pompa isi air* dan LCD 16x2 sebagai penampil data. Gambar rangkaian keseluruhan sistem ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Rangkaian Elektrik
(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Box Panel

Berikut adalah panel kontrol yang terdiri dari rangkaian elektrik dari sistem kontrol temperatur, pH, dan kejernihan air kolam ikan berbasis arduino uno. Pada Gambar 13 menunjukkan *box panel* dari keseluruhan sistem.



Gambar 13 Box Panel Sistem
(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Sistem Keseluruhan

Berikut adalah sistem keseluruhan dari sistem kontrol temperatur, pH, dan kejernihan air kolam ikan berbasis arduino uno. Pada Gambar 14 menunjukan hasil jadi sistem secara keseluruhan.

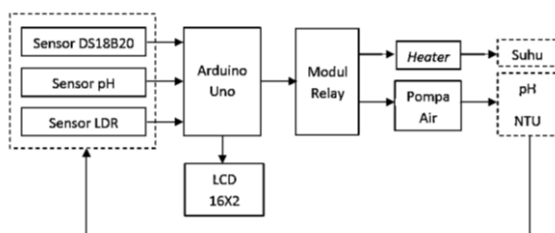


Gambar 14 Sistem Keseluruhan
(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Rancang Bangun Software

Perancangan *software* disini yakni merancang sebuah program yang dimasukkan dalam mikrokontroler Arduino Uno. Pemrograman dibuat menggunakan bahasa khusus oleh Arduino dengan program Arduino IDE.

Alur jalannya program pada sistem yaitu dengan melakukan pengukuran temperatur, pH, dan kejernihan air kolam, hasil pengukuran digunakan sebagai masukan pada mikrokontroler untuk mengaktifkan *heater*, pompa kuras air dan pompa isi air. Sistem akan berlangsung secara terus menerus hingga nilai temperatur, pH, dan kejernihan air sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan. Diagram blok sistem kontrol temperatur, pH, dan kejernihan air kolam ikan ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Diagram Blok Sistem
(Sumber: Data Penelitian, 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pengujian sistem antara lain pengujian sensor DS18B20, pengujian sensor pH, dan pengujian sensor LDR. Besar nilai-nilai yang di hasilkan dapat dilihat pada Tabel 2 sampai Tabel 4.

Data hasil pengujian sistem yang terdiri dari pengujian sistem terhadap perubahan suhu, pengujian sistem terhadap perubahan pH asam dan pH basa, dan pengujian sistem terhadap tingkat kejernihan air. Besar nilai kesalahan (*error*) pada tiap sensor dapat diketahui dengan rumus berikut :

$$Error(\%) = \frac{\text{Selisih pengukuran}}{\text{Nilai pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian blok sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan keluaran sensor dengan Thermometer *Infrared* digital. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Output Sensor Suhu DS18B20 dan Thermometer *Infrared*

No	Output Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Output Thermometer <i>Infrared</i> (°C)	Error (%)
1	27.19	27.1	0.33
2	27.19	27.3	0.40
3	27.25	27.1	0.55
4	27.25	27.3	0.18
5	27.25	27.1	0.55
6	27.25	27.2	0.18
7	27.25	27.3	0.18
8	27.25	27.4	0.54
9	27.25	27.3	0.18
10	25.50	25.4	0.39
11	25.56	25.5	0.23
12	25.50	25.6	0.39
13	25.56	25.6	0.15
14	25.56	25.4	0.62
15	25.60	25.5	0.39
16	25.69	25.6	0.35
17	25.75	25.6	0.58
18	25.75	25.7	0.19
19	25.75	25.6	0.58
20	25.81	25.9	0.34
21	25.81	25.7	0.42
Error rata-rata			0.36

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Sesuai pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa *error* rata-rata pembacaan suhu pada sensor DS18B20 dengan suhu pembacaan thermometer *infrared* dapat diketahui

menggunakan persamaan (1), yakni hasilnya 0.36%. Jadi dapat disimpulkan bahwa sensor DS18B20 dapat mendeteksi perubahan suhu dan bekerja dengan baik.

Pengujian Sensor pH

Pengujian blok sensor pH dilakukan dengan membandingkan keluaran sensor pH dengan pH meter digital. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan *Output* Sensor pH dan pH Meter

No	<i>Output</i> Sensor (pH)	<i>Output</i> pH Meter (pH)	Error (%)
1	4.19	4.2	0.23
2	6.75	6.8	2.17
3	9.07	9.1	0.32
Error rata-rata			0.90

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Sesuai pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa *error* rata-rata pembacaan pH pada sensor pH dengan pH meter dapat diketahui menggunakan persamaan (1), yakni hasilnya 0.90 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa sensor pH dapat mendeteksi perubahan pH dan bekerja dengan baik.

Pengujian Sensor LDR

Pengujian blok sensor LDR yang digunakan untuk mengukur tingkat kejernihan air kolam dilakukan dengan membandingkan keluaran sensor LDR dengan sampel air yang telah diketahui nilai kejernihan airnya. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan *Output* Sensor LDR dan Sampel Air

No	Sampel Air	Nilai Sampel Air (NTU)	<i>Output</i> Sensor LDR (NTU)	Error (%)
1	Sampel Air 1	0	0.00	0
2	Sampel Air 2	21.2	23.13	9.10
3	Sampel Air 3	92.3	91.48	0.88
Error rata-rata				3.32

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Sesuai pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa *error* rata-rata pembacaan nilai NTU pada sensor LDR dengan sampel kejernihan air dapat diketahui menggunakan persamaan (1), yakni adalah 3.32%. Jadi dapat disimpulkan bahwa sensor LDR yang berfungsi sebagai sensor kejernihan air ini dapat mendeteksi perubahan tingkat kekeruhan dan bekerja dengan baik.

Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan menggabungkan semua bagian alat yang telah dibuat dan melihat kinerja dari alat yang telah dirancang dengan tujuan untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat.

Pengujian yang dilakukan terdiri dari pengujian sistem dengan memberikan manipulasi kondisi yaitu dengan mengubah-ubah nilai kondisi suhu, pH, dan kejernihan air hingga *output* dari sistem yang diantaranya *water heater*, pompa kuras air, dan pompa isi air aktif. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 8.

Tabel 5 Pengujian Sistem Dengan Perubahan Suhu Tanggal 15 November 2018

No	Suhu (°C)	Mode Penghangatan
1	27.13	OFF
2	27.09	OFF
3	27.01	OFF
4	26.95	OFF
5	26.89	OFF
6	26.84	OFF
7	26.78	OFF
8	26.71	OFF
9	26.70	OFF
10	26.68	OFF
11	26.65	OFF
12	26.53	OFF
13	26.46	OFF
14	26.44	OFF
15	26.36	OFF
16	26.31	OFF
17	26.24	OFF
18	26.22	OFF
19	26.17	OFF
20	26.09	OFF
21	25.98	OFF
22	25.88	OFF
23	25.98	OFF
24	25.84	OFF
25	25.76	OFF
26	25.68	OFF
27	25.61	OFF
28	25.53	OFF
29	25.40	OFF
30	25.31	OFF
31	25.23	OFF
32	25.11	OFF
33	25.04	OFF

Lanjutan Tabel 5 :

No	Suhu (°C)	Mode Penghangatan
34	24.89	OFF
35	24.82	OFF
36	24.73	OFF
37	24.61	OFF
38	24.49	OFF
39	24.38	OFF
40	24.29	OFF
41	24.18	OFF
42	24.11	OFF
43	24.02	OFF
44	23.97	ON
45	23.88	ON
46	23.97	ON
47	23.88	ON
48	24.04	ON
49	24.13	ON
50	24.19	ON

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa pengujian sistem terhadap perubahan suhu dapat bekerja dengan baik yaitu ketika suhu yang terdeteksi oleh sistem mencapai nilai 24°C, maka pemanas air (*water heater*) akan aktif dan melakukan mode penghangatan. Pada saat mode penghangatan aktif, sistem memerlukan waktu waktu 12 menit 15 detik untuk menghangatkan air kolam bervolume ±15 liter.

Tabel 6 Pengujian Sistem Dengan Perubahan pH Menuju Asam Tanggal 15 November 2018

No.	pH	Mode Pengurasan
1	6.97	OFF
2	6.88	OFF
3	6.76	OFF
4	6.63	OFF
5	6.55	OFF
6	6.46	ON

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa pengujian sistem terhadap perubahan pH menuju asam dapat bekerja dengan baik yaitu ketika pH yang terdeteksi oleh sistem berada dibawah pH 6.5, maka pompa air akan aktif dan melakukan mode pengurasan. Pada saat mode pengurasan aktif, sistem memerlukan waktu 2 menit 53 detik untuk menguras air kolam dan mengisi kembali air kolam hingga penuh.

Tabel 7 Pengujian Sistem Dengan Perubahan pH Menuju Basa Tanggal 2 Januari 2019

No.	pH	Mode Pengurasan
1	7.09	OFF
2	7.20	OFF
3	7.32	OFF
4	7.39	OFF
5	7.50	OFF
6	7.58	OFF
7	7.69	OFF
8	7.75	OFF
9	7.89	OFF
10	7.98	OFF
11	8.12	ON

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa pengujian sistem terhadap perubahan pH menuju basa dapat bekerja dengan baik yaitu ketika pH yang terdeteksi oleh sistem berada diatas pH 8, maka pompa air akan aktif dan melakukan mode pengurasan.

Tabel 8 Pengujian Sistem Dengan Perubahan Tingkat Kejernihan Air Tanggal 15 November 2018

No	Kejernihan Air (NTU)	Mode Pengurasan
1	0.00	OFF
2	15.05	OFF
3	17.28	OFF
4	23.13	OFF
5	24.00	OFF
6	25.24	OFF
7	29.21	OFF
8	35.93	OFF
9	46.36	OFF
10	57.48	OFF
11	68.93	OFF
12	76.05	OFF
13	85.31	OFF
14	89.05	OFF
15	91.58	OFF
16	97.13	OFF
17	103.22	OFF
18	109.01	OFF
19	113.78	OFF
20	118.42	OFF
21	122.79	OFF
22	129.01	OFF

Lanjutan Tabel 8 :

No	Kejernihan Air (NTU)	Mode Pengurasan
23	137.33	OFF
24	140.19	OFF
25	144.13	OFF
26	149.52	OFF
27	155.64	OFF
28	158.87	OFF
29	165.03	OFF
30	172.38	OFF
31	181.07	ON

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa pengujian sistem terhadap perubahan tingkat kejernihan air dapat bekerja dengan baik yaitu ketika nilai kejernihan air yang terdeteksi oleh sistem berada diatas 180 NTU, maka pompa air akan aktif dan melakukan mode pengurasan. Pada saat mode pengurasan aktif, sistem memerlukan waktu 2 menit 53 detik untuk menguras air kolam dan mengisi kembali air kolam hingga penuh.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan yaitu Sistem Kontrol Temperatur, pH, dan Kejernihan Air Kolam Ikan Berbasis Arduino Uno, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam mengontrol kualitas air pada prototipe kolam sesuai dengan nilai parameter yang dikehendaki. Rancangan sistem dimulai dari rancang mekanik yang terdiri dari prototipe kolam, box panel, mekanik sensor LDR, dan mekanik ketinggian level air; rancangan *hardware* yang terdiri dari rangkaian sensor, LCD, *relay*, rangkaian batas ketinggian air; dan rancangan *software* yang berisi program IDE arduino yang dimasukkan ke *board* arduino.

Mode penghangatan pada sistem aktif apabila suhu < 24°C dan *off* ketika suhu air $\geq 28^\circ\text{C}$ dengan memerlukan waktu 12 menit 15 detik untuk menghangatkan air kolam bervolume ± 15 liter. Mode pengurasan aktif apabila pH air kolam berada diluar pH 6,5-8, serta ketika tingkat kejernihan air > 180 NTU dengan memerlukan waktu 2 menit 53 detik untuk menguras dan mengisi kembali air kolam. Dari hasil pengujian pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4, tiap sensor memiliki persentase *error* yang berbeda-beda. Persentase *error* rata-rata pengukuran suhu = 0,36%; Persentase *error* rata-rata pengukuran pH = 0,90%; dan persentase *error* rata-rata pengukuran kejernihan air = 3,32%.

Saran

Penggunaan alat yang telah dibuat tidak hanya untuk ikan gurami saja, namun dapat dikembangkan untuk ikan lain dengan nilai parameter tertentu. Penggunaan sensor suhu, pH, dan kejernihan air dengan tingkat ketelitian lebih tinggi sangat disarankan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan pada pengukuran dan untuk mendapatkan hasil pembacaan sensor yang lebih akurat. Sistem pemanas (*water heater*) yang digunakan dalam sistem dapat dikembangkan menggunakan pemanas yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino Uno R3, (Online), (<https://www.arduino.cc/>). Diakses pada 6 November 2017.
- Cahyono, Bambang. 2010. *Budi Daya Ikan Air Tawar*. Penerbit: Kanisius.
- DF Robot. *Sensor pH (SKU : SEN0161)*, (Online), (<https://www.dfrobot.com/>). Diakses pada 5 April 2019.
- Maxim Integrated. *Sensor Suhu DS18B20*. (Online), (<https://www.maximintegrated.com/en.html>). Diakses pada 10 September 2018.
- Pemanas Air (*Water Heater*) RESUN 200W. (Online), (www.komponenelektronika.com). Diakses pada 28 Oktober 2017.
- Prinsip Dan Cara Kerja Mesin Pompa Air. (Online), (<https://www.wikikomponen.com/prinsip-dan-cara-kerja-mesin-pompa-air/>). Diakses pada 15 Maret 2019.
- Teknik Elektronika. Pengertian LDR (*Light Dependent Resistor*), (Online), (<http://teknikelektronika.com/pengertian-ldr-light-dependent-resistor-cara-mengukur-ldr/>). Diakses pada 6 November 2017.
- Teknik Elektronika. Pengertian LCD (*Liquid Crystal Display*), (Online), (<https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>) Diakses pada 5 April 2019.
- Wardana, I Nyoman Kusuma. 2015. *Teknik Antarmuka MATLAB dan Arduino*. Denpasar: Vaikutha International Publication.