

# **RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL pH AIR PADA KOLAM PEMBENIHAN IKAN LELE (*Clarias gariepinus*) DI BALAI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KELAUTAN DAN PERIKANAN (BPTKP) CANGKRINGAN, SLEMAN, YOGYAKARTA**

## ***WATER pH CONTROL SYSTEM DESIGN IN CATFISH RESERVOIR GERMINATION (*Clarias gariepinus*) IN BALAI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KELAUTAN DAN PERIKANAN (BPTKP) CANGKRINGAN, SLEMAN, YOGYAKARTA***

Oleh: Dina Nur'aina Arief dan Sumarna. Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Email: [dinanurainaarief@gmail.com](mailto:dinanurainaarief@gmail.com)

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem kontrol pH air kolam pada pembenihan ikan lele, mengkarakterisasisensor pH fiber optik berbentuk “U”, dan mengendalikan pH air kolam untuk mengetahui pertumbuhan benih ikan lele. Sensor pH yang digunakan adalah *Polymer Optical Fiber* (POF) tipe SH-4001-1,3. Pada salah satu ujung POF dipasang laser diode dan ujung lainnya dipasang fotodiode. Intensitas cahaya yang diterima fotodiode dikonversi menjadi tegangan sebagai *output* sensor. Kemudian *output* sensor dibandingkan dengan *set point* oleh mikrokontroler Arduino untuk mengendalikan *relay* pada pompa asam dan basa. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kontrol pH dapat bekerja sesuai dengan *set point* yang dikehendaki yakni pada tegangan (4,01 – 4,08) volt atau jika dikonversi pH 6 sampai 9. Pertumbuhan benih ikan lele dari hasil pengukuran panjang tubuh ikan sebelum ditebar di kolam semen menunjukkan hasil bahwa ketika kolam diberi perlakuan sistem kontrol pH rata-rata memiliki panjang tubuh ikan lele 2,3 cm sedangkan pada kolam yang tidak diberi sistem kontrol pH rata-rata memiliki panjang tubuh 1,9 cm.

Kata Kunci: Kualitas air, Budidaya Lele, sistem kontrol pH, pH air kolam, Arduino

### **Abstract**

*This research aimed to design and build pH water control system in catfish reservoir germination, characterized fiber optic pH sensor in “U” shaped, and to control water reservoir pH to knowthe catfish germs growth. pH sensor that used was Polymer Optical Fiber (POF) type SH-4001-1,3. In one of the POF tip was set diode laser and in another tip was set photodiode. The light intensity that received by photodiode was converted to voltage as sensor’s output. Then sensor’s output was compared with the set point by microcontroller Arduino to control relay on acid and alkali pump.The result of this research showed that pH control system worked appropriate to the set point that was set in (4.01-4.08) volt or if being converted to pH was 6 until 9. The catfish germs growth from the length of body before spread in the cement reservoir showed that after given a pH control system treatment had average body length about 2,3 cm, while in the reservoir without treatment had average body length about 1,9 cm.*

*Keywords: water quality, catfish cultivation, pH control system, water reservoir pH, Arduino.*

## I. PENDAHULUAN

Sektor perikanan merupakan salah satu penunjang perekonomian negara. Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan, sektor perikanan mengalami kenaikan produksi 6,2% antara tahun 2010 hingga 2011 dengan kontribusi produksi perikanan budidaya yang naik sekitar 11,13% pada periode yang sama. Selain itu, tingkat konsumsi ikan masyarakat Indonesia juga sangat tinggi yaitu berkisar 31,64 kg/kapita/tahun pada tahun 2011. Nilai ini mengalami kenaikan sekitar 4,81% jika dibandingkan dengan tahun 2010 yang hanya mencapai 30,48 kg/kapita/tahun (Pardamean Simanjuntak Armanto, 2012).

Saat ini teknologi otomatisasi berkembang pesat dalam berbagai bidang, salah satunya bidang perikanan. Dalam bidang perikanan sistem pengendali otomatis dibutuhkan sebagai sarana untuk memudahkan pekerjaan dan lebih menghemat waktu dalam pembudidayaan ikan. Sistem otomatis ini digunakan untuk mengontrol kondisi air pada kolam dalam pembudidayaan ikan, salah satunya adalah mengontrol fluktuasi pH air kolam sebagai salah satu cara dalam meningkatkan pertumbuhan benih ikan.

Parameter kualitas air yang tidak sesuai dapat berakibat fatal bagi kehidupan biota air pada umumnya. Parameter kualitas air yang sangat berpengaruh dalam kehidupan ikan dan udang antara lain adalah suhu, dissolved oxygen (DO), pH, alkalinitas, kesadahan, ammonia, nitrit dan nitrat, Hidrogen Sulfida, dan salinitas. Parameter kualitas air yang baik di kolam adalah oksigen terlarut (6 – 8) ppm, pH (6 – 8), suhu (28 – 30) °C, dan amonium 0,1 ppm (Anonim, 2013:7).

Apabila air menjadi asam (pH di bawah 4), maka ikan akan mengeluarkan banyak lendir (karena pengaruh banyaknya jamur dan bakteri yang berkembang biak di air) sehingga hal ini dapat mengganggu pernafasan, demikian pula bila pH terlalu basa. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran kualitas air secara berkala untuk menjaga kualitas air pada kondisi yang normal (Anonim, 2013:10).

Untuk mempertahankan stabilitas pH air kolam pada nilai tertentu maka diperlukan suatu cara agar benih ikan lele dapat bertahan hidup yakni dengan menginjeksikan larutan basa yang berupa air kapur untuk menaikkan pH air kolam (Andrian Kristianto, Iwan Setiawan, dan Sumardi, 2012:1) dan rendaman daun ketapang untuk menurunkan kadar pH air kolam (Budi Laksono, 2014). Penggunaan larutan asam menggunakan air rendaman daun ketapang juga membuat nyaman bagi hidupnya ikan lele karena kandungan asam *humic* yang dimiliki daun ketapang kering. Hal ini terlihat dari nafsu makan ikan lele yang meningkat seiring dengan penginjeksian larutan asam ke dalam kolam.

Penelitian ini akan mengkarakterisasi sensor pH fiber optik dengan *probe* sensor berbentuk “U” yang memiliki diameter *bending* 5 cm. Pemilihan *probe bending* karena lebih mudah digunakan dibandingkan dengan *probe* lurus dalam proses pengukuran pH (Nafi’ul Mantiin, 2012: 1). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nursukmasari Qomaria dan Endarko menjelaskan bahwa fiber optik dengan bentuk lekukan “U” menghasilkan nilai tegangan keluaran yang lebih besar daripada tegangan keluaran pada fiber optik dengan lekukan “γ”. Dimana semakin besar intensitas cahaya yang diterima oleh fotoresistor, maka akan menyebabkan resistansinya juga semakin besar, sehingga tegangan keluaran akan semakin besar, begitu pula sebaliknya. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada fiber optik dengan lekukan “U” menyebabkan *losses* cahaya dalam fiber optik lebih kecil daripada *losses* yang ditimbulkan oleh fiber optik dengan lekukan “γ” (Nursukmasari Qomaria dan Endarko, 2012: 3).

## II. METODE PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data karakteristik sensor dilaksanakan di Laboratorium Gelombang Fisika FMIPA UNY dan Laboratorium Spektroskopi Fisika FMIPA UNY. Pengambilan sampel larutan pH dan data pH menggunakan fiber optik *single mode* dilakukan di kost Jalan Perkutut No.

9 Demangan Baru, Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta.

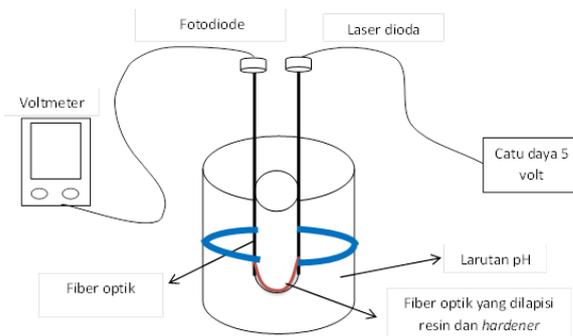
**B. Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini antara lain bak fiber berukuran 2x1x1 m, pH meter type Pen PH-009 (I), multimeter digital, Arduino UNO, modul SD Card, mikrometer sekrup, fiber optic single mode type SH-4001-1,3, isi pulpen bekas, jarum suntik 1 mm, rangkaian catu daya, rangkaian sensor fotodiode, rangkaian relay.

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain aseton, resin, hardener, akuades, NaOH 2M, asam cuka (CH3COOH).

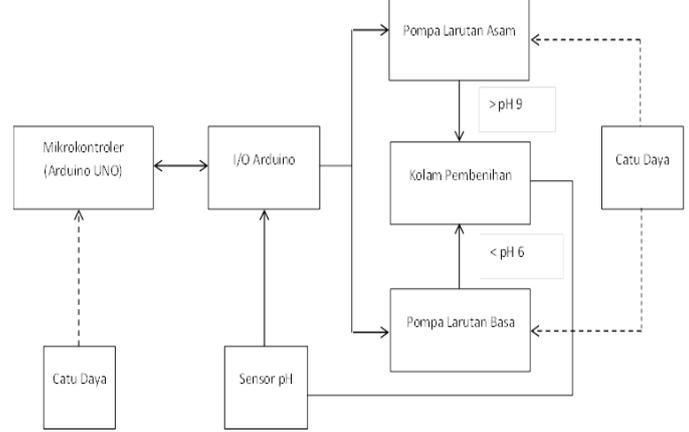
**C. Teknik Pengambilan Data**

1. Perancangan dan pembuatan Sensor pH. Prosedur kerjanya meliputi pembuatan variasi larutan pH menggunakan CH3COOH (sebagai larutan asam) dan NaOH (sebagai larutan basa), pembuatan rangkaian catu daya dan rangkaian pengkondisi sinyal fotodiode, pengupasan cladding, pemberian coating dengan bahan campuran resin dan hardener pada fiber optik, dan mengkarakterisasi sensor pH. Cara mengkarakterisasi sensor pH disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Cara mengkarakterisasi sensor pH

2. Perancangan sistem kontrol pH air kolam pembenihan ikan lele yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan sistem kontrol pH secara keseluruhan

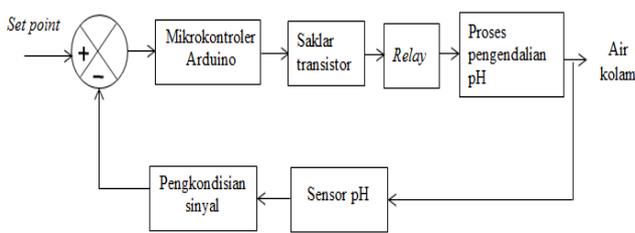
3. Perancangan rangkaian pengkondisi sinyal. Rangkaian sensor pH dengan fiber optik ini menggunakan fotodiode sebagai detektor intensitas cahaya. Intensitas cahaya yang dibaca oleh fotodiode diperoleh dari cahaya laser diode yang masuk ke dalam fiber optik. Perubahan intensitas dari fotodiode akan dikonversi ke nilai tegangan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal, kemudian nilai tegangan tersebut akan dikalibrasi menjadi nilai pH menggunakan software Microsoft Excel.
4. Perancangan rangkaian sensor pH sebagai tegangan input (Vin). Rangkaian sensor pH yang digunakan adalah fiber optik berbentuk “U” dengan diameter bending sebesar 5 cm. Tegangan output dari sensor pH akan mengalami fluktuasi sesuai dengan pH air kolam yang terdeteksi. Kemudian tegangan output sensor pH berfungsi sebagai tegangan input (Vin) yang akan dibandingkan dengan set point pada mikrokontroler Arduino untuk mengendalikan relay.
5. Perancangan rangkaian saklar transistor. Rangkaian saklar transistor digunakan untuk mengendalikan relay pompa asam-basa dengan sumber tegangan dari catu daya berupa tegangan dan arus DC. Ketika transistor sebagai saklar, maka terdapat dua keadaan yakni transistor mengalami saturasi atau cut-off. Apabila

kaki basis mendapat tegangan  $\geq 0,7$  V maka kaki basis akan mengalirkan arus dari kaki kolektor ke emitor sehingga transistor mencapai keadaan saturasi dan menyebabkan *relay ON*. Sedangkan apabila kaki basis mendapatkan tegangan  $\leq 0,7$  V maka kaki basis tidak dapat mengalirkan arus dari kaki kolektor ke emitor sehingga transistor berada pada keadaan *cut-off* dan menyebabkan *relay OFF*.

6. Perancangan *driver relay*.

Pada rangkaian *driver relay* terdapat transistor yang berfungsi sebagai *switch* untuk mengendalikan *relay*.

7. Perancangan rangkaian sistem kontrol pH secara keseluruhan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan rangkaian keseluruhan sistem kontrol pH air kolam

8. Perancangan program Arduino .

Untuk mengaktifkan *driver relay* supaya pompa larutan asam-basa dapat bekerja sesuai dengan pH air kolam yang dikehendaki yakni pH 6 sampai 9 maka diperlukan suatu program untuk menjalankan perintah tersebut.

**D. Teknik Analisis Data**

Langkah-langkah menganalisis data dalam penelitian ini adalah

1. Mengukur sensitivitas sensor pH dengan membandingkan pH yang terukur pada voltmeter dan pH meter digital.
2. Mencari nilai sensitivitas sensor pH menggunakan analisis gradien garis dari grafik hasil kalibrasi sensor pH, sehingga diperoleh *set point* dari sensor pH.
3. Menganalisis fungsi transfer rangkaian sistem kontrol pH yang terdiri dari sensor pH, mikrokontroler Arduino sebagai

komparator, rangkaian pensaklaran, dan rangkaian *driverrelay* sesuai dengan blok sistem masing-masing rangkaian.

4. Membandingkan data hasil pengukuran fluktuasi pH dengan adanya sistem kontrol pH dan tanpa sistem kontrol pH.

**III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengujian Rangkaian Catu Daya dan Relay**

Hasil pengujian rangkaian catu daya dan *relay* berturut-turut disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian rangkaian catu daya

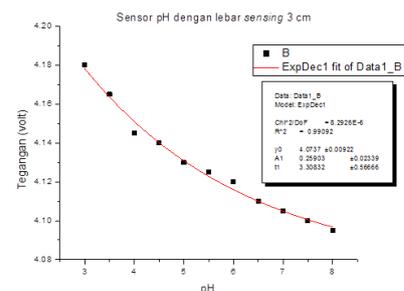
No.	IC Regulator	Tegangan positif (V)	Tegangan negatif (V)
1	7812/7912	+12,14	-12,13
2	7809/7909	+8,86	-9,25
3	7805/7905	+5,00	-4,98

Tabel 2. Hasil pengujian rangkaian transistor sebagai saklar

No	Pengukuran	Pompa Asam		Pompa Basa	
		ON	OFF	ON	OFF
1	$V_{BE}$	0,758 V	201,3 mV	0,726 V	15,8 mV
2	$V_{CE}$	88,1 mV	11,67 V	120,8 mV	12,12 V
3	$I_B$	0,49 mA	-0,15 mA	0,19 mA	-0,1 mA

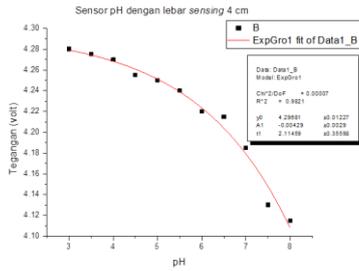
**B. Karakteristik sensitivitas dan analisis blok sensor pH menggunakan fiber optik single mode tipe SH-4001-1,3.**

1) Pengujian karakteristk sensor pH dengan lebar *sensing* 3 cm.



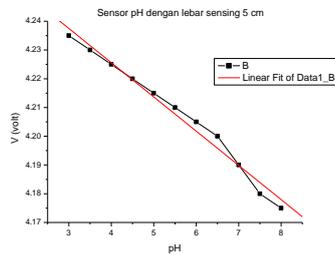
Gambar 4. Pengujian karakteristk sensor pH dengan lebar *sensing* 3 cm.

2) Pengujian karakteristik sensor pH dengan lebar *sensing* 4 cm.



Gambar 5. Pengujian karakteristik sensor pH dengan lebar *sensing* 4 cm.

3) Pengujian karakteristik sensor pH dengan lebar *sensing* 5 cm.

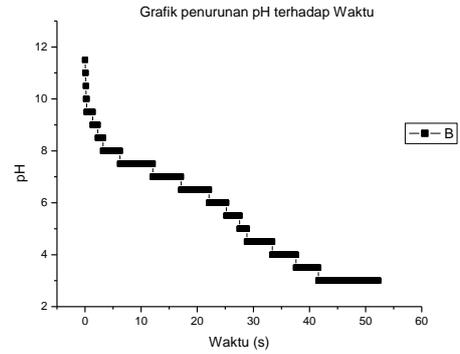


Gambar 6. Pengujian karakteristik sensor pH dengan lebar *sensing* 5 cm.

Pengujian sensor pH pada *sensing* 3 cm dan 4 cm menghasilkan grafik yang cenderung eksponensial dikarenakan nilai tegangan antar pH yang hanya berbeda sekian millivolt. Pada pengujian karakteristik sensor yang dibuat oleh Nursukmasari dan rekannya menghasilkan grafik antara pH dan tegangan yang cenderung linier turun seiring dengan kenaikan pH, sehingga menyebabkan salah satu pengujian sensor dengan *sensing* resin 5 cm juga menghasilkan grafik yang cenderung linier.

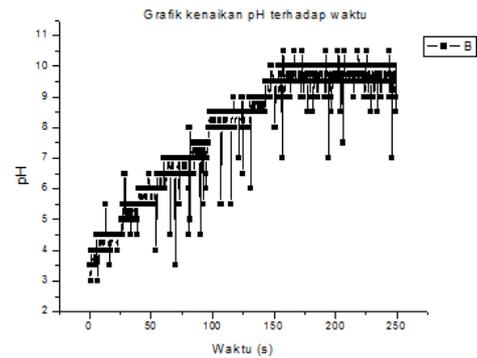
**C. Hasil Pengujian Respon Waktu Sensor pH**

Pada proses pengontrolan pH kolam pembenihan lele, bagian terpentingnya adalah membuat supaya kondisi air kolam tetap sesuai dengan *set point* yang diinginkan, yakni pada rentang pH 6 sampai 9. Hasil pengujian respon waktu sensor pH pada penurunan pH disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian respon waktu sensor pH pada penurunan pH

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa sensor dapat membaca perubahan pH dari keadaan basa hingga asam. Dan diperlukan waktu sekitar 55 detik untuk menaikkan pH dari pH 11,5 sampai pH 3. Pengujian respon waktu sensor pH pada kenaikan pH disajikan pada Gambar 8.

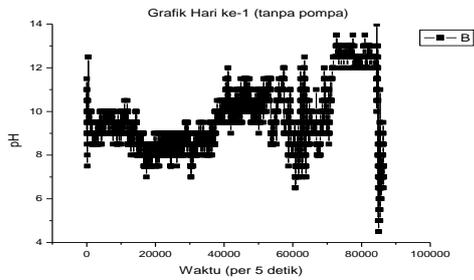


Gambar 8. Pengujian respon waktu sensor pH pada kenaikan pH

Berdasarkan Gambar 8 terlihat bahwa sensor dapat membaca perubahan pH dari keadaan asam hingga basa. Dan diperlukan waktu sekitar 250 detik untuk menaikkan pH dari 3 sampai dengan 10,5.

**D. Pengukuran fluktuasi pH pada kolam pembenihan ikan lele tanpa control**

Pengukuran fluktuasi pH air kolam pembenihan ikan lele tanpa sistem kontrol dilakukan untuk mengetahui keadaan pH air kolam selama 1 hari. Hasil pengukuran pH terhadap waktu yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 9.

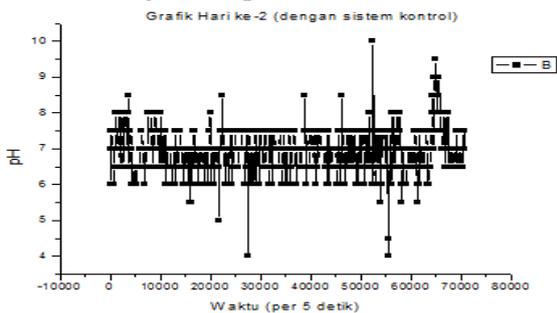


Gambar 9. Pengukuran fluktuasi pH tanpa kontrol

Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa ketika tidak ada sistem kontrol pH, maka fluktuasi pH air kolam cenderung bersifat asam pada malam menjelang pagi hari hingga mencapai pH 4, sedangkan pada siang hingga sore hari air kolam bersifat basa mencapai pH 14. Berdasarkan hasil pengukuran pH air kolam inilah, maka peneliti memilih untuk memasang pompa asam-basa karena air kolam memiliki pH yang fluktuatif.

**E. Pengukuran fluktuasi pH pada kolam pembenihan ikan lele dengan kontrol pH**

Pengukuran fluktuasi pH air kolam bertujuan untuk mengetahui perbedaan keadaan pH air kolam antara kolam dengan menggunakan kontrol pH dengan tanpa kontrol pH. Pengukuran pH air kolam dilakukan selama 18 hari dengan hasil pengukuran pH terhadap waktu yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran fluktuasi pH tanpa kontrol

Berdasarkan Gambar 7 terlihat nilai pH maksimal yang dicapai yakni 10 dan pH minimum berada pada pH 4. Hasil pengukuran fluktuasi pH dengan adanya kontrol pH terlihat bahwa nilai pH yang terukur sesuai dengan keinginan, yakni berada pada rentang pH 6 sampai 9 sehingga dapat dikatakan bahwa sensor

pH menggunakan fiber optik berbentuk “U” dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

**F. Hasil Pengukuran Pertumbuhan Benih**

Selama sistem kontrol pH dipasang, dilakukan pengukuran pertumbuhan benih ikan dengan mengukur panjang tubuh benih selama 10 hari. Hasil pengukuran panjang tubuh benih ikan lele disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengukuran pertumbuhan benih ikan lele

Hari ke-	Data Pertumbuhan Benih Ikan (cm)	
	Tanpa kontrol pH	Dengan kontrol pH
11	1.145	1.29
12	1.175	1.395
13	1.19	1.49
14	1.295	1.58
15	1.335	1.66
16	1.405	1.74
17	1.51	1.805
18	1.685	2.08
19	1.79	2.115
20	1.955	2.295

Tabel 3 memperlihatkan perbedaan hasil pertumbuhan antara kolam pembenihan ikan lele dengan menggunakan cenderung memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan kolam pembenihan yang tidak menggunakan kontrol sehingga dapat dikatakan bahwa ikan lebih senang berada pada kondisi air yang mempunyai pH cenderung netral. Selain itu, karena berdasarkan studi literatur diketahui bahwa larutan asam yang dibuat menggunakan rendaman daun ketapang mempunyai kandungan asam humic yang mampu membuat benih ikan lele merasa nyaman sehingga nafsu makannya juga bertambah dan pertumbuhannya lebih baik.

**G. Hasil Pengukuran pH kolam pembenihan ikan lele**

Selama sistem kontrol dipasang dilakukan juga pengukuran keadaan pH air kolam menggunakan pH meter digital. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah pH air kolam masih tetap dalam rentang set point yakni pH 6

sampai 9. Hasil pengukuran pH air kolam disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pengukuran pH kolam pembenihan ikan lele

Hari ke-	Fluktuasi pH air kolam	
	Tanpa kontrol pH	Dengan kontrol pH
11	7.7	7.6
12	7.8	7.6
13	7.8	7.6
14	7.8	7.7
15	7.8	7.7
16	7.7	7.6
17	7.7	7.5
18	7.7	7.5
19	7.7	7.5
20	7.7	7.5

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa adanya perbedaan besarnya nilai pH antara kolam yang diberikan kontrol dan tidak. Pada kolam yang diberikan kontrol nilai pH nya cenderung semakin turun mendekati pH netral sedangkan pada kolam yang tidak diberi kontrol nilai pH semakin lama cenderung semakin basa. Hal ini membuktikan bahwa sistem kontrol pH yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan keinginan dan mampu menjaga kondisi air kolam supaya tetap dalam rentang pH 6 sampai 9.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa:

1. Telah dibuat sistem kontrol pH air kolam pembenihan ikan lele menggunakan rangkaian sensor pH fiber optik berbentuk "U", rangkaian pengkondisi sinyal fotodiode, rangkaian saklar transistor, rangkaian *driver relay*, serta pompa asam-basa.
2. Telah dilakukan karakterisasi sensor pH fiber optik secara teoritis menggunakan gambar perambatan sinar di dalam sensor pH fiber optik dan secara empiris menggunakan pengujian sensor pH terhadap variasi pH menghasilkan pemilihan sensor pH fiber optik dengan lebar *sensing* 3 cm yang mempunyai persamaan garis

3. Pengaruh pH air kolam terhadap pertumbuhan benih ikan lele terlihat dari hasil perbandingan pada kolam diberi kontrol pH rata-rata memiliki panjang tubuh 2,3 cm sedangkan pada kolam yang tidak diberi kontrol pH memiliki panjang 1,9 cm. Ukuran awal benih diasumsikan sama karena usia tebar benih yang sama dan dihasilkan dari indukan yang sama.

##### B. Saran

Penelitian mengenai sensor pH menggunakan fiber optik ini masih jauh dari sempurna, data-data yang diperoleh juga masih belum lengkap. Untuk selanjutnya akan diperbaiki sensor fiber optik yang digunakan agar diperoleh data yang memiliki akurasi yang cukup baik dan sensitivitas tinggi.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- A Zaini Arif, Samian, dan Supadi. (2013). Aplikasi Serat Optik Sebagai Indikator Ketinggian cairan Dengan Metode Deteksi Rugi Daya Optis Akibat Pelengkungan dan Pemolesan. *Jurnal Fisika dan Terapannya*. Vol.1. Nomor 4/Desember 2013.
- Andrian Kristianto, Iwan Setiawan, & Sumardi. (2012). Pengendalian pH Air dengan Metode PID pada Model Tambak Udang. *Jurnal Teknik Elektro*. 14(4). Hlm. 119-126.
- Anonim. (2015). *Pengertian Relay dan Fungsinya*. Diakses dari <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/> pada 7 September 2016, Jam 09.20 WIB.
- Anonim. (2015). *Sistem Transmisi Kabel Serat Optik*. Diakses dari <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22686/3/Chapter%20II.pdf> pada 8 September 2016, Jam 15.00 WIB.
- Anonim. (2015). *Getting Started with Arduino*. Diakses dari <https://www.ntu.edu.sg/home/ehchua/prog>

- [ramming/arduino/Arduino.html](#) pada 20 Juni 2016 pukul 17.15 WIB.
- Anonim.(2015). Pengertian Arduino UNO.Diakses dari <http://ilearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/> pada 20 Oktober 2016 pukul 13.44 WIB.
- Anonim. (2004). *Using a Digital Potentiometer to Optimize a Precision Single-Supply Photo Detection Circuit*. Diakses dari <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00692b.pdf> pada 8 September 2016, Jam 14.31 WIB.
- Anonim.(2013). *Pengelolaan Kualitas Air. Paket Keahlian: Budidaya Crustacea*. Buku Teks Bahan Ajar Siswa Kelas X Semester 2. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI Direktorat Pembinaan SMK.
- Budi Laksono. (2014). Perbaiki Kualitas Air Kolam dengan Sopterapi.Diakses dari <http://www.budilaksono.com/2014/10/perbaiki-kualitas-air-kolam-ikan-dengan.html> pada 15 Oktober 2016 pukul 14.54.
- Cahyo Saparinto dan Rini Susiana.(2012). *Grow Your Own Fish Panduan Praktis Pembesaran 13 Ikan Konsumsi Populer di Pekarangan*. Jakarta: Lily Publisher.
- Didhit Adithya. (2006). Pembuatan Probe Serat Optik Untuk Mengukur Derajat Keasaman (pH) Menggunakan *Methyl Violet* sebagai Dye Indikator. *Skripsi*.IPB.
- Heru Susanto. (2006). *Budidaya Ikan di Pekarangan Edisi Revisi. Membudidayakan 18 Jenis Ikan air Tawar di dalam Rumah*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- John Crisp dan Barry Elliot. (2005). *Serat Optik: Sebuah Pengantar Edisi Ketiga*. (Alih Bahasa: Soni Astranto, S.Si) .Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Katsuhiko Ogata. (1996). *Teknik Kontrol Automatik*. (Alih bahasa: Edi Laksono). Jakarta:Penerbit Erlangga.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI.(2013). *Teknik Pembenihan Ikan. Paket Keahlian:Budidaya Ikan*. Buku Teks Bahan Ajar Siswa Kelas XI Semester 4. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Kunthi Arustiani. (2015). Pengembangan Sensor Ketinggian Fluida Berbasis *Polymer Optical Fiber (POF)* Berbentuk Lengkung.UNY.*Skripsi*.
- Lucky Wibisono. (2009). *Perancangan Sistem Kuisisi dara Sensor pH Berbasis Lapisan Silica sol-gel*. Surabaya: ITS.
- Nafi'ul Matiin, Agus Muhammad Hatta, dan Sukartedjo. (2012). Pengaruh Variasi *Bending* Sensor pH Berbasis Serat Optik Plastik menggunakan Lapisan Silica Sol Gel Terhadap Sensitivitas.*Jurnal Teknik Pomits*. Vol.1. Nomor 1.Hlm.1-6.
- Nur Taufik Zamari. (2014). *Analisis Perbandingan Rangkaian Transimpedansi amplifler Ganda dan Rangkaian Fotokonduktif Ganda untuk Sensor Weight Optik*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Oktavianto Siswanto Utomo. (2005). Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Pada Serat Optik.*Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro*.
- Pardamean Simanjuntak Armanto (2012). Pengontrolan Suhu Air pada Kolam Pendederan dan Pembenihan Ikan Nila Berbasis Arduino.*Jurnal Teknik Elektro Universitas Maritim Raja Ali Haji*.
- Qomaria Nursukmasari dan Endarko.(2012). *Perancangan Fiber Optic Multimode Sebagai Sensor pH*.*Jurnal Teknik Pomits*.Vol.1. Nomor 1.Hlm. 1-4.
- Rahadiyah Ayu Kholilah. (2013). Studi Awal Fiber Optik sebagai Sensor pH.*Jurnal Penelitian Fisika FMIPA ITS*.
- Romaria Zulfin M. (2014). Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Rugi Daya Transmisi Pada Serat Optik *Single Mode* Rekomendasi ITU-T Seri G.655.*Jurnal Singuda Ensikom*. Vol. 7 Nomor 1/April 2014.
- Syambas Basanudin, Moch dan Usni Arie. (2014). *Pembesaran Lele Secara Cepat 50 Hari Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.

W.Bolton. (2004). *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. (Alih Bahasa: Soni Astranto). Jakarta: Penerbit Erlangga.

*Rancang Bangun Sistem .... (Dina Nur'aina Arief)15*  
Yuliani. (2015). *Analisis Suhu pada Mesin Penetas Telur*. UNY. *Skripsi*.