

## ANALISA SISTEM PENGENDALIAN pH AIR BERBASIS ARDUINO UNO PADA BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR

**Mohammad Wajihul Musthofa**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : [moh.musthofa16050524042@mhs.unesa.ac.id](mailto:moh.musthofa16050524042@mhs.unesa.ac.id)

**Wahyu Dwi Kurniawan**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [wahyukurniawan@unesa.ac.id](mailto:wahyukurniawan@unesa.ac.id)

### Abstrak

Peralatan yang pengoperasiannya secara manual sudah mulai ditinggalkan dan beralih pada peralatan yang serba otomatis, sehingga peralatan otomatis lebih mendominasi dalam kehidupan manusia, termasuk bidang pembudidayaan kolam ikan. Trainer Sistem Pengendali pH Air Secara Otomatis Pada Budidaya Ikan Air Tawar Menggunakan Sensor pH Meter Electrode Probe BNC Berbasis Arduino UNO didesain dengan tujuan memudahkan pengoperasian serta pengawasan kolam budidaya. Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan teknik studi literatur dan pengukuran. Proses pengambilan data dengan cara membandingkan pembacaan sensor pH SEN0161 dengan pH meter digital. Selain itu juga dilakukan analisa pengaruh posisi penyemprotan larutan terhadap waktu penyebaran larutan yang dibutuhkan untuk kondisi pH air kolam kembali berada di range ideal yaitu 7-7,8. Berdasarkan penelitian, diperoleh hasil bahwa Sistem Pengendalian pH Air Berbasis Arduino UNO mampu menunjukkan unjuk kerja seperti yang diharapkan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, model penyemprotan 5 titik lebih efektif dibandingkan model Spray Center dan Samping. Karena penyemprotan 5 titik menghasilkan keluaran partikel lebih kecil berupa spray serta pendistribusiannya lebih merata pada kolam ikan. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan sensor untuk mencapai pembacaan 7,5 yang stabil adalah sebagai berikut: 58,2 menit (5 Titik), 62,2 menit (Spray Center), dan 86,2 menit (Samping).

**Kata kunci:** Budidaya Ikan, Air Tawar, pH Air, Arduino UNO, Sensor pH.

### Abstract

Equipment that has been operated manually has begun to be abandoned and switched to completely automated equipment, so that automatic equipment dominates more in human life, including the field of fish pond cultivation. Automatic Water pH Control Trainer System for Freshwater Fish Cultivation Using the Arduino UNO-based BNC Electrode Probe pH Meter Sensor is designed with the aim of facilitating the operation and supervision of aquaculture ponds. Data collection methods in this study used literature study and measurement techniques. The process of taking data by comparing the reading of the SEN0161 pH sensor with a digital pH meter. In addition, an analysis of the effect of the position of spraying of the solution was carried out on the time needed to spread the solution for the pH of the pool water back in the ideal range of 7-7.8. Based on the research, it was obtained that the Arduino-based UNO Water pH Control System was able to show the performance as expected. Based on testing that has been done, the 5 point spraying model is more effective than the Spray Center and Side models. Because 5-point spraying produces smaller particle output in the form of spray and its distribution is more evenly distributed in fish ponds. The results showed the average time taken by the sensor to achieve a stable reading of 7.5 was as follows: 58.2 minutes (5 Points), 62.2 minutes (Spray Center), and 86.2 minutes (Side).

**Keywords:** Aquaculture, Aquatic, pH Water, Arduino UNO, pH Sensor.

### PENDAHULUAN

Pembudidayaan ikan menggunakan media air dengan derajat keasaman yang tinggi dapat menjadi ancaman bagi kehidupan ikan, karena dalam kondisi asam berpotensi penyakit dapat berkembang. Proses kimiawi dalam air sangat dipengaruhi oleh derajat keasaman. Hubungan keasaman air dengan kehidupan ikan sangat besar. Titik

kematian ikan pada pH asam adalah 4 dan pada pH basa adalah 11. Ikan air tawar kebanyakan akan hidup baik pada kisaran pH sedikit asam sampai netral, yaitu 6,8–7,8. Sementara keasaman air untuk reproduksi atau perkembangbiakan biasanya akan baik pada pH 7-7,8 sesuai jenis ikan. Oleh karena itu, dalam pemeliharaan

ikan sebaiknya kondisi air dijaga agar berada pada kisaran nilai tersebut. (Saparinto, 2012).

Sistem kontrol otomatis lahir dipengaruhi tuntutan perkembangan teknologi yang menuntut manusia untuk selalu belajar mengembangkan dan mengoperasikan berbagai pekerjaan kontrol dengan tingkat keterlibatan manusia didalamnya yang lebih minimal atau menjadi sistem otomatis. (Kurniawan, 2017).

Sejauh ini dilihat dari keberadaannya, unit pengendali otomatis derajat keasaman air pada kolam ikan umumnya terinstalasi pada tepian area kolam. Hal ini ditujukan untuk memudahkan proses perawatan dan pengoperasian unit pengendali otomatis tersebut. Selain itu, lebar luasan area kolam juga memengaruhi tempat dimana sistem pengendali derajat keasaman air ini dipasang.

Fakta di lapangan, ketika penambahan larutan asam-basa dilakukan, tidak dapat langsung bereaksi dengan spontan. Untuk merubah air pada kondisi pH yang diinginkan, membutuhkan waktu tertentu yang dipengaruhi oleh volume penambahan dan kapasitas air yang hendak dikendalikan.

Trainer Sistem Pengendali pH Air Secara Otomatis Pada Budidaya Ikan Air Tawar Menggunakan Sensor pH Meter Electrode Probe BNC Berbasis Arduino UNO didesain dengan operasional yang sederhana dengan tujuan memudahkan pengoperasian serta pengawasan kolam budidaya. Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (*datasheet*). (Setiawan, 2009).

Menurut Yuwono (2015), Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya. Sebagai contoh adalah kamera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya. Sistem pengendali pH air otomatis ini menggunakan sensor pH Meter SEN0161 sebagai monitoring derajat keasaman air kolam budidaya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh posisi penyemprotan larutan terhadap waktu penyebaran larutan pengendali.

### Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana rancangan sistem pengendali pH air otomatis berbasis Arduino UNO menggunakan sensor pH Meter?
- Bagaimana efektifitas pengaruh posisi penambahan larutan asam-basa untuk mencapai pH air ideal pada

kolam budidaya menggunakan sistem pengendali pH air otomatis berbasis Arduino UNO?

### Tujuan Penelitian

Adapun dari tujuan penelitian ini adalah:

- Menghasilkan rancangan serta menganalisis sistem pengaturan otomatis secara elektronik yang dapat diterapkan pada sistem pengendali pH air berbasis Arduino UNO.
- Menganalisis pengaruh posisi penambahan larutan asam-basa untuk mencapai pH air ideal pada kolam budidaya menggunakan sistem pengendali pH air otomatis berbasis Arduino UNO.

### METODE

#### Jenis Penelitian

Pada penelitian ini, metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik terhadap sensor, serta pengaruh posisi penambahan cairan keasaman terhadap waktu penyebaran larutan pengendali pada sistem pengendali pH air berbasis Arduino UNO.

#### Tempat dan Waktu Penelitian

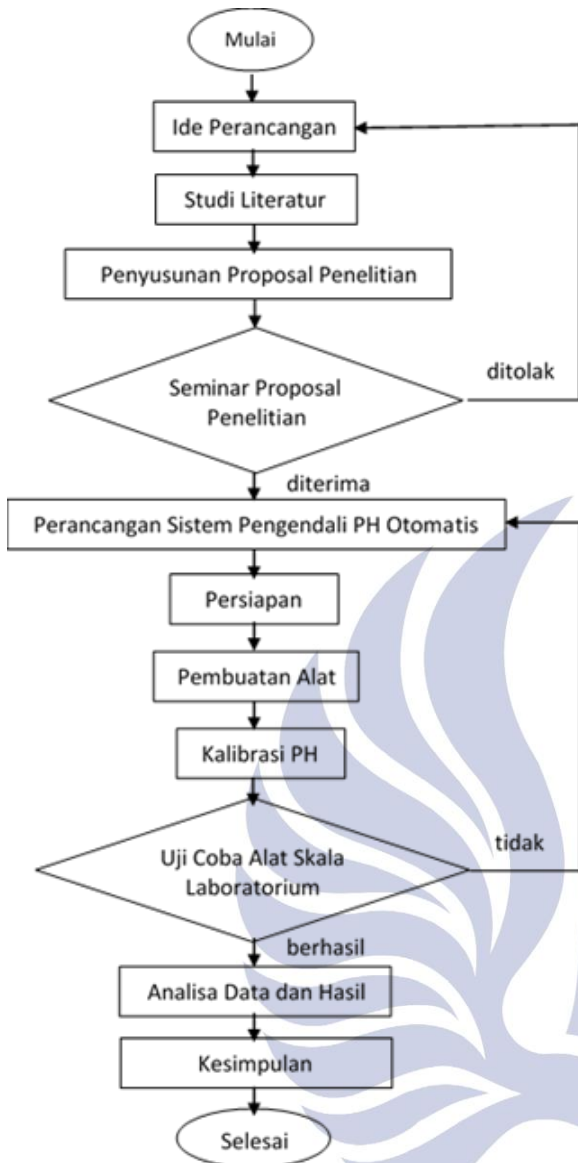
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekatronika Gedung A9 lantai 4 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya (UNESA). Penelitian dilakukan pada bulan November – Desember 2019

#### Objek Penelitian

Objek pengujian dari penelitian ini adalah Prototipe sistem pengendali pH Air berbasis Arduino UNO. Adapun penelitian ini dilakukan untuk mengendalikan derajat keasaman air secara otomatis sehingga media air pada kolam budidaya mencapai titik ideal.

#### Diagram Alir Penelitian

Skema urutan langkah-langkah mulai dari awal hingga akhir dari penelitian. Penelitian ini membutuhkan waktu selama satu setengah bulan untuk proses persiapan media uji, pengambilan data dan analisa data.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Sistem Pengendali pH Air Berbasis Arduino UNO.

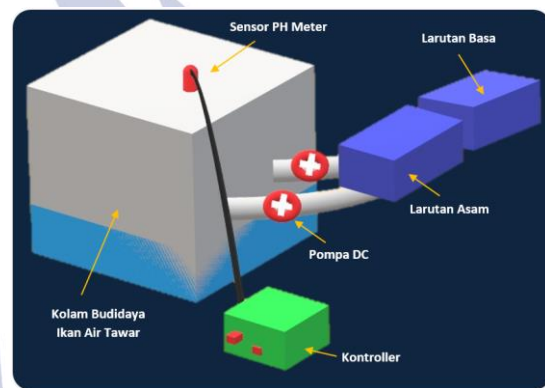
Sensor yang biasa digunakan untuk mengukur pH adalah elektroda yang sensitif terhadap ion atau disebut juga elektroda gelas. Elektroda ini tersusun dari batang elektroda (terbuat dari gelas yang terisolasi dengan baik) dan membran gelas (yang ber dinding tipis dan sensitif terhadap ion  $H^+$ ). Elemen sensor pengukur pH terdapat di tengah-tengah, dilindungi oleh larutan perak-perak klorida ( $Ag-AgCl$ ). Bagian bawah dari elemen sensor ini berhubungan dengan membran gelas dan berisi larutan perak-perak klorida. Kontak ionik dari larutan perak-perak klorida terhadap sampel terjadi melalui penghubung keramik. Penghubung ini bertindak sebagai suatu membran selektif yang hanya meloloskan arus-arus ionik tertentu, Secara alami, impedansi keluaran elektroda gelas sangat besar (karena proses kimia yang terjadi pada permukaan elektroda), besarnya antara 50-500  $M\Omega$

sehingga pada alat pengukur diperlukan impedansi masukan yang sangat besar (Coughlin, 1994).

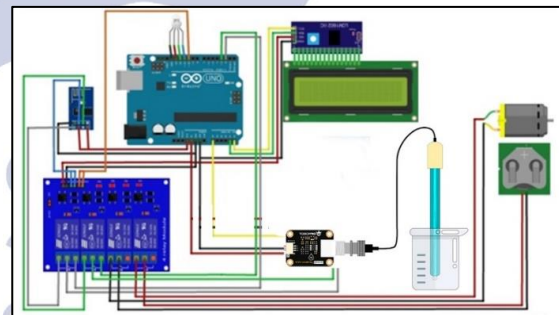
Sensor pH ini akan digunakan untuk pengukuran derajat keasaman cairan yang diuji untuk menentukan apakah cairan dalam kondisi normal, basa, atau asam. Inti sensor pH terdapat pada permukaan bulb kaca yang memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif ( $H^+$ ) dengan larutan terukur. Kaca tersusun atas molekul silikon dioksida dengan sejumlah ikatan logam alkali.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe pengendali pH air berbasis Arduino UNO ini didesain menggunakan software Paint 3D seperti pada Gambar 2 sedangkan untuk wiring diagram system control menggunakan software Fritzing seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Desain Sistem Pengendali pH Air Berbasis Arduino UNO



Gambar 3. Diagram Rangkaian Sistem Kontrol Pengendali pH Air

### Pengujian Larutan Pengendali pH Air

Pada penelitian ini menggunakan larutan asam-basa sebagai media pengendali derajat keasaman air pada kolam. Terdapat 2 jenis larutan dengan nilai pH yang berbeda, diantaranya larutan pH *Down* (*Phospat Acid*) dengan nilai pH 3.5, sedangkan larutan pH *Up* (*Phospat Acid*) dengan nilai pH 10.6.



Gambar 4. Larutan pH Up dan pH Down

Pada tahap pengujian ini, setelah diketahui kinerja pompa selama 1 detik mengeluarkan cairan sebanyak 52ml, cairan ditambahkan dengan larutan yang berbeda derajat keasamannya. Untuk kondisi pertama air 10 liter dengan nilai pH 5,52 setelah mendapat penambahan pH Down sebanyak 52ml, nilai pH berubah menjadi 5,44.



Gambar 5. Sebelum Penambahan Larutan Asam dan Sesudah Penambahan Larutan Asam

Berdasarkan pengujian tersebut, air sebanyak 10liter, setelah ditambahkan Larutan Asam pH 3.5 sebanyak 52ml, kondisi derajat keasamannya turun sebanyak 0,1 dari kondisi awal pH air 10 liter tersebut. Berikut tabel perbandingan hasil penambahan larutan asam-basa terhadap perubahan nilai pH air.

Tabel 1. Perbandingan Penambahan Larutan Pengendali Terhadap Perubahan pH Air dengan Volume 10liter.

Menurunkan pH (pH Down 3,5)			
Volume Penambahan	pH Sebelum Penambahan	pH Sebelum Penambahan	Volume Air
52ml	5,52	5,44	10liter
260ml	7,9	7,5	10liter
Menaikkan pH (pH Up 10,6)			
Volume Penambahan	pH Sebelum Penambahan	pH Sebelum Penambahan	Volume Air
52ml	5,44	5,52	10liter
260ml	6,99	7,5	10liter

Tujuan dari tahapan pengujian ini adalah untuk mengetahui perbandingan penambahan larutan asam-basa

terhadap perubahan nilai pH air. Sehingga pada saat diterapkan dilapangan tidak memerlukan penambahan larutan yang terlalu banyak.

Air kolam dengan volume 10liter, membutuhkan penambahan larutan pH Down sebanyak 260ml untuk menurunkan pH sebanyak 0,5. Pada pengujian ini dilakukan dengan kondisi pH awal 7,9 setelah mendapat penambahan larutan, pH air berubah menjadi 7,5. Sedangkan untuk penambahan larutan pH Up sebanyak 260ml digunakan untuk menaikkan kondisi pH awal 6,9 setelah mendapat penambahan larutan, pH air berubah menjadi 7,5. Batas kontrol pengendalian yang dikehendaki adalah 7,5. Nilai tersebut merupakan tengah-tengah daripada range ideal pH yang dikehendaki ikan. Sehingga pompa akan bekerja kembali saat melewati range ideal dan secara otomatis akan mengendalikan untuk kondisi berada pada tengah-tengah batas ideal.

**Uji Performa Sistem Prototipe Pengendali pH Air.**

Dari percobaan prototipe sistem pengendali pH air berbasis arduino dengan variasi model penyemprotan larutan asam-basa yang telah dilakukan, didapatkan data keakurasian sensor pH meter, respon tegangan sensor, serta prosentase kesalahan pengukuran dari sensor.

Hasil yang disajikan merupakan data rata-rata dari data hasil penelitian. Hasil ditampilkan dalam bentuk tabel berdasarkan pengujian prototipe sistem pengendali pH air berbasis Arduino UNO.

Tabel 2. Pengujian Stabilitas Sensor.

No	pH Meter Digital (pH)	Sensor pH SEN0161 (pH)	Error (%)
1	6,1	6,16	0,97 %
2	6,1	6,14	0,65 %
3	6,1	6,15	0,81 %
4	6,1	6,17	1,1 %
5	6,1	6,18	1,3 %
Rata-rata Error			0,97 %

Tabel 3. Pengujian Tegangan yang Dikeluarkan terhadap Hasil Pembacaan Sensor.

No	pH Meter Digital (pH)	Sensor pH SEN0161 (pH)	Error (%)	Tegangan (V)
1	3,5	3,49	0,29 %	1
2	1,9	1,88	1,06 %	0,54
3	1,7	1,72	1,18 %	0,49
4	1,6	1,67	4,19 %	0,48
5	1,4	1,41	0,71 %	0,40
Rata-rata			1,49 %	0,58



Tabel 4. Waktu Penyebaran Larutan Asam Menggunakan Model Penyemprotan *Spray Center*.

Uji	Kondisi Awal (pH)	Volume Penambahan (ml)	Kondisi Akhir (pH)	Waktu Penyebaran (menit)
1	6,99	260	7,55	63
2	6,99	260	7,52	61
3	6,99	260	7,55	61
4	6,99	260	7,51	64
5	6,99	260	7,51	62
Rata-rata			7,53	62,2

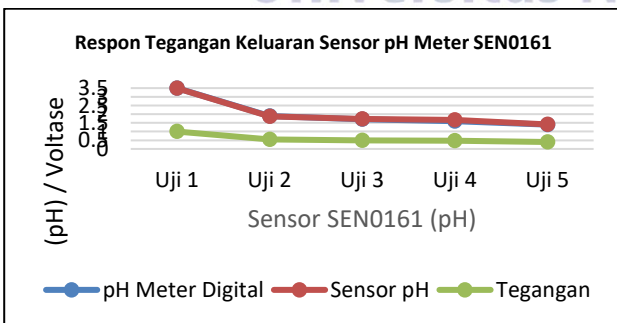
Tabel 5. Waktu Penyebaran Larutan Asam Menggunakan Model Penyemprotan 5 Titik.

Uji	Kondisi Awal (pH)	Volume Penambahan (ml)	Kondisi Akhir (pH)	Waktu Penyebaran (menit)
1	6,99	260	7,52	58
2	6,99	260	7,57	59
3	6,99	260	7,51	58
4	6,99	260	7,53	59
5	6,99	260	7,51	57
Rata-rata			7,53	58,2

Tabel 6. Waktu Penyebaran Larutan Asam Menggunakan Model Penyemprotan Sampung (Biasa).

Uji	Kondisi Awal (pH)	Volume Penambahan (ml)	Kondisi Akhir (pH)	Waktu Penyebaran (menit)
1	6,99	260	7,53	87
2	6,99	260	7,52	85
3	6,99	260	7,52	89
4	6,99	260	7,55	85
5	6,99	260	7,52	85
Rata-rata			7,53	86,2

**Pengujian Tegangan yang Dikeluarkan terhadap Hasil Pembacaan Sensor**



Gambar 6. Grafik Respon Tegangan Keluaran Sensor pH SEN0161 Terhadap Derajat Keasaman

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa hubungan antara tegangan dengan hasil pengukuran berbanding lurus. Semakin kecil nilai pH air, semakin kecil pula tegangan yang dihasilkan sensor menuju mikrokontroler. Dan sebaliknya, semakin besar nilai pH air, semakin besar tegangan yang dihasilkan.

Pengujian pada sensor pH SEN0161 bertujuan untuk mengetahui respon dari tegangan keluaran terhadap derajat keasaman objek. Untuk menentukan respon dari sensor pH, beberapa kondisi nilai pH telah diuji. Sesuai dengan prinsip electrode glass sensor pH, sensor ini dapat menentukan nilai pH suatu air berdasarkan jumlah ion H3O+ di dalam larutan.

Pengukuran untuk pengujian masing-masing sensor dilakukan sebanyak lima kali. Dari hasil tersebut didapatkan rata-rata error untuk sensor SEN0161 berturut-turut adalah 0,29%, 1,06%, 1,18%, 4,19% dan 0,71%. Kelima nilai error tersebut kurang dari 10%.

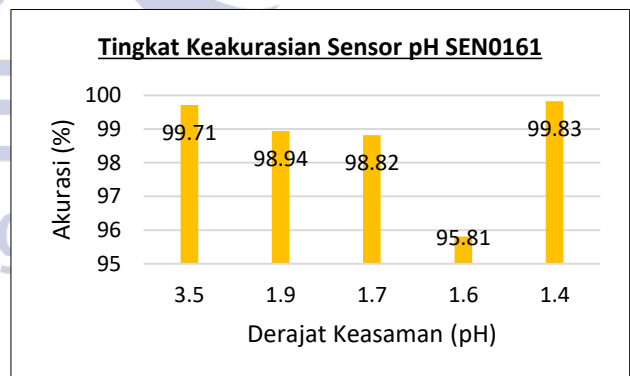
Menurut Taylor (1982) pengukuran dengan nilai error kurang dari 10% akan dianggap sebagai keberhasilan pengujian.

**Tingkat Keakurasian Pengukuran Sensor**

Kinerja sensor derajat keasaman menggunakan sensor pH SEN0161 yang ditunjukkan pada gambar 5. Perhitungan prosentase akurasi data yang ditampilkan menggunakan persamaan berikut:

$$Akurasi(\%) = 100 - \frac{Nbaca - Nukur}{Nbaca} \times 100\% \quad (1)$$

(Sumber: Taylor, 1982)



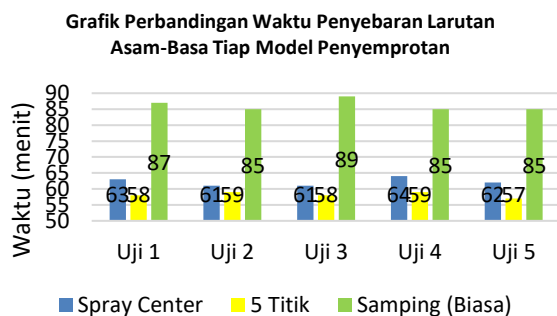
Gambar 7. Grafik Tingkat Akurasi Sensor pH SEN0161

Berdasarkan Gambar 7, diketahui tingkat keakurasian sensor pH SEN0161. Pengujian keakurasian sensor SEN0161 dilakukan dengan membandingkan nilai terbaca dengan nilai yang terukur pada pH meter. Dari hasil pengujian sensor SEN0161 dapat dilihat hasil keakurasian sensor pH SEN0161. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan kondisi derajat keasaman air yang berbeda

didapatkan prosentase keakuratan sensor. Hal ini dapat terjadi karena sensor membaca tegangan yang masuk kemudian dikonversi menjadi nilai pH sehingga dapat memengaruhi hasil pembacaan. Prosentase keakuratan tertinggi pada pengujian kelima dengan kondisi pH 1,4 yaitu 99,83%. Sedangkan keakuratan terendah pada pengujian keempat dengan kondisi pH 1,6 yaitu 95,81%.

### Perbandingan Waktu Penyebaran Berdasarkan Variasi Model Penyemprotan.

Penelitian ini menggunakan 3 model variasi penyemprotan, yaitu *Spray Center*, 5 Titik, dan Samping (biasa). Setelah melakukan pengujian prototipe, didapatkan data hasil perbandingan waktu penyebaran larutan asam-basa.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Waktu Penyebaran Larutan Asam-Basa dari Variasi Model Penyemprotan

Berdasarkan Gambar 8, dapat diketahui perbandingan waktu penyebaran larutan dari ketiga model variasi penyemprotan. Terlihat bahwa penyebaran larutan dengan waktu yang paling lama adalah model penyemprotan samping (biasa). Hal itu disebabkan karena penyemprotan model biasa menghasilkan keluaran air dalam bentuk lebih besar sehingga proses larutnya suatu zat menjadi lebih lama dibandingkan dengan model *spray* yang menghasilkan keluaran air lebih kecil karena terkarburasi. Selain itu juga jangkauan daripada model penyemprotan biasa lebih terbatas, yaitu di tengah pusat penyemprotan, berbeda dengan model *spray* yang dapat menjangkau lebih luas. Menurut Campbell (2010) menyebutkan bahwa kecepatan difusi (peristiwa berpindahnya suatu zat dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah) dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- Ukuran Partikel.  
Semakin kecil ukuran partikel, semakin cepat partikel itu akan bergerak, sehingga kecepatan difusi semakin tinggi. Sebaliknya, semakin besar ukuran partikel, semakin lama partikel itu akan bergerak, sehingga kecepatan difusi semakin kecil.

- Ketebalan Membran.  
Semakin tebal membran, semakin lambat kecepatan difusi.
- Luas Suatu Area.  
Semakin besar luas area, semakin tinggi kecepatan difusinya.
- Tingkat Gradien Konsentrasi.  
Semakin besar perbedaan konsentrasi suatu zat, semakin cepat laju difusi. Semakin dekat distribusi bahan sampai ke kesetimbangan, semakin lambat laju difusi yang terjadi.
- Jarak.  
Semakin jauh jauh bahwa zat harus melakukan perjalanan, semakin lambat laju difusi.
- Suhu.  
Suhu yang lebih tinggi meningkatkan energi dan karena itu gerakan molekul, meningkatkan laju difusi. Suhu yang rendah menurunkan energi molekul, sehingga mengurangi laju difusi.

Kolam budidaya ikan biasanya memiliki luas 200 m<sup>3</sup>, Oleh sebab itu, berdasarkan data hasil pengujian, dapat diketahui perhitungan untuk kebutuhan skala industri atau ukuran sebenarnya. Perbandingan hasil pengujian *aquarium* dan volume kolam sebenarnya sebagai berikut:

$$\frac{V_{\text{larutan aquarium}}}{V_{\text{larutan kolam}}} = \frac{V_{\text{air aquarium}}}{V_{\text{air kolam}}} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, apabila diaplikasikan ke kolam dengan ukuran 200m<sup>3</sup>, maka volume penambahan yang dibutuhkan untuk mengontrol kembali pada kondisi pH 7,5 adalah sebanyak 520liter larutan pH Up dengan kondisi pH 3,5. Untuk mengatasi penambahan larutan yang cukup banyak dapat dengan menurunkan pH larutan asam terlebih dahulu.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Perancangan sistem pengendalian pH air berbasis Arduino UNO ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pengendali utama sistem kontrol. Pada pengukurannya menggunakan sensor pH SEN0161. (2) Dibutuhkan penambahan larutan pH Down (pH 3,5) sebanyak 260ml untuk mencapai pH 7,5. Sedangkan untuk penambahan larutan pH Up (pH 10,6) membutuhkan sebanyak 260ml untuk mencapai pH 7,5. Bila diaplikasikan untuk ukuran kolam 200m<sup>3</sup>, maka penambahan larutan pengendali sebanyak 520 liter. (3) Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu penyebaran larutan yang dibutuhkan model

penyemprotan 5 titik lebih efektif dibandingkan dengan model Spray Center dan Samping (Biasa).

### Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut : (1) Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sensor pH meter dengan ketelitian tinggi dan kebutuhan spesifikasi industri untuk mendapatkan hasil pembacaan secara real time dan lebih akurat, salah satu model sensor pH meter skala industri yang terdapat di pasaran adalah sensor pH model RKU206 (DFRobot Arduino Pro). (2) Karena waktu penyebaran larutan yang cukup lama, dibutuhkan rangkaian eksternal yang bertujuan untuk memutus arus menuju pompa setelah mikrokontroler sekali mengeksekusi perintah sinyal. (3) Perlu adanya penelitian lanjutan tentang pengembangan prototipe untuk menunjang proses pembelajaran mata kuliah mekatronika dan instrumentasi kendali.

### DAFTAR PUSTAKA

Campbell, Neil Allison. 2010. *Biologi Jilid 2* (Wulandari, Damaring Tyas, penerjemah). Jakarta. Erlangga.

Coughlin, Robert. 1994. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier* (Soemitro, Herman Widodo, penerjemah). Jakarta. Erlangga.

Dinata, Yuwono Marta. 2015. *Arduino Itu Mudah*. Jakarta. PT. Alex Media Komputindo.

Kurniawan, Wahyu Dwi Dan Budijono, Agung Prijo. 2017. *Panduan Praktikum Kontrol Relay*. Surabaya. Unesa.

Saparinto, Cahyo. 2012. *Panduan Praktis Pembesaran 13 Ikan Konsumsi Populer di Pekarangan*. Jakarta. Lily Publisher.

Setiawan, Iwan. 2009. *Buku Ajar Sensor Dan Transducer*. Semarang. Undip.

Taylor, John Robert. 1982. *An Introduction to Error Analysis*. Boulder. University of Colorado