

## Sistem Monitoring Jarak Jauh Kontrol pH Tanaman Selada Dengan Media Hidroponik

Dihin Muriyatmoko<sup>1\*</sup>, Reza Kurnia<sup>2</sup>, Shoffin Nahwa Utama<sup>3</sup>, Aziz Musthafa<sup>4</sup>

<sup>1\*,2,3,4</sup> Universitas Darussalam Gontor

\* [dihin@unida.gontor.ac.id](mailto:dihin@unida.gontor.ac.id)

### Abstract

*Hydroponics is a farming technique without using soil as a planting medium, so hydroponics really needs water as a substitute for soil to meet plant nutrition. Checking nutrients in hydroponic lettuce plants is very necessary, because growth depends on nutrients and ideal pH values. The ideal pH value for lettuce plants is 6.00 – 7.00, while water in hydroponics is usually alkaline. To achieve a pH value that is suitable for plants, the method used is to check with a pH meter and then mix acidic or alkaline liquids until the pH value is in accordance with the plants. This method is considered less effective because it requires a long time and special expertise. So, we need an automated system that makes it more efficient and effective. The purpose of this research is to make it easier for hydroponic farmers to monitor and neutralize the pH value of water in lettuce plants automatically. The main tools used in this study are a pH sensor 4502C as a sensor for detecting the pH value in water, a solenoid valve as a tool for channeling acidic and alkaline liquids, a relay as a regulator of electrical inflow and an Ethernet shield as a medium to connect Arduino to a web server. The results of this study are in the form of a pH control system for lettuce plants with hydroponic media that can provide information to users through a website-based local intranet so that they can monitor plant conditions. The result of the test is that the pH value of the lettuce plant drops to 5.67 where the initial pH of the lettuce plant is 8.00, this indicates that the system can run well. Future development is expected to be integrated with mobile applications.*

*Keywords: agriculture, hydroponics, pH 4502C sensor, solenoid valve*

### Abstrak

Hidroponik merupakan teknik bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya, sehingga pada hidroponik sangat membutuhkan air sebagai pengganti tanah untuk memenuhi nutrisi tanaman. Pengecekan nutrisi pada tanaman selada hidroponik sangat diperlukan, karena pertumbuhan bergantung pada nutrisi dan nilai pH yang ideal. Nilai pH yang ideal untuk tanaman selada adalah 6.00 – 7.00, sedangkan air pada hidroponik biasanya bersifat basa. Untuk mencapai nilai pH yang sesuai dengan tanaman, metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengecekan dengan pH meter lalu mencampurkan cairan asam atau basa hingga nilai pH sesuai dengan tanaman. Metode ini dianggap kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan keahlian khusus. Maka, dibutuhkan sistem otomatis yang membuat lebih efisien dan efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah memudahkan bagi para petani hidroponik dalam pemantauan dan penetralisir nilai pH air pada tanaman selada secara otomatis. Alat utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor pH 4502C sebagai sensor pendeteksi nilai pH pada air, solenoid valve sebagai alat untuk menyalurkan cairan asam dan basa, relay sebagai pengatur arus masuk listrik dan ethernet shield sebagai media untuk menghubungkan arduino ke web server. Hasil dari penelitian ini berupa sebuah sistem kontrol pH tanaman selada dengan media hidroponik yang dapat memberikan informasi terhadap pengguna melalui lokal intranet berbasis website sehingga dapat memantau kondisi tanaman. Hasil dari pengujian yaitu nilai pH pada tanaman selada turun menjadi 5,67 dimana pH awal pada tanaman selada yaitu 8.00, hal ini menandakan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik. Pengembangan kedepan diharapkan bisa diintegrasikan dengan aplikasi mobile.

*Kata kunci: pertanian, hidroponik, sensor pH 4502C, solenoid valve*

## 1. Pendahuluan

Hidroponik merupakan teknik bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya, sehingga pada hidroponik sangat membutuhkan air sebagai pengganti tanah dan untuk memenuhi nutrisi tanaman [1]–[3]. Menurut International Osteoporosis Foundation, 2015 kandungan kalsium tinggi terdapat pada sayuran selada (*Lactuca Sativa* L.) yaitu sebesar 56 mg/100-gram dibandingkan dengan sayuran lainnya. Selada dapat dikonsumsi sebagai salah satu pilihan terbaik untuk mencukupi kebutuhan kalsium harian [4]. Tanaman selada dapat dipanen ketika berumur (35-42) hari setelah tanam. Kriteria panen untuk selada adalah ketika ukuran sudah cukup besar tetapi sebelum berbunga [5].

Pemanfaatan teknologi hidroponik diharapkan mampu meningkatkan kandungan kalsium secara efisien didukung dengan adanya pemenuhan nutrisi yang sesuai bagi tanaman disertai dengan penambahan kalsium secara eksternal ke dalam nutrisi dan menyesuaikan kadar pH pada tanaman [6]. Kadar pH (Potensial Hidrogen) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Kadar pH yang baik untuk tanaman hidroponik berkisar 5.5 – 6.5, bila nilai pH kurang dari 5.5 atau lebih 6.5 maka daya larut unsur hara tidak begitu sempurna, bahkan bisa terjadi pengendapan pada unsur hara sehingga tidak bisa diserap dengan baik oleh akar tanaman. Untuk tanaman selada, kadar pH yang sesuai berkisar 6-7 dan kebutuhan nutrisi untuk selada adalah 560-840 ppm [7]. Pengaturan pH ini dapat dilakukan dengan cara menambah atau mengurangi cairan asam dan basa agar mencapai kadar pH yang diinginkan [8].

Untuk mencapai nilai pH yang sesuai dengan tanaman yang telah dicampurkan nutrisi, metode yang digunakan masih secara manual, yaitu dengan cara mengecek pH air menggunakan pH meter secara berkala yang menjadikan kurang efektif [9]. Hal tersebut karena membutuhkan waktu dan tenaga serta

keahlian dalam menyesuaikan nilai pH [10]. Selain itu, Jika dalam pemberian nutrisi tanaman tidak sesuai dengan nilai pH-nya, maka akan banyak tanaman hidroponik yang gagal ataupun mati dikarenakan tidak mendapat nutrisi yang sesuai kebutuhan tanaman tersebut.

Berdasarkan pernyataan itu diperlukan suatu sistem otomatis, yang membuat lebih mudah dan efisien [11]. Dengan berbasis mikrokontroler Arduino Uno [12]–[14] khususnya *solenoid valve* [15], [16], akan membuat otomatis terbuka dan mengalirkan cairan untuk menaikkan atau menurunkan nilai pH [17].

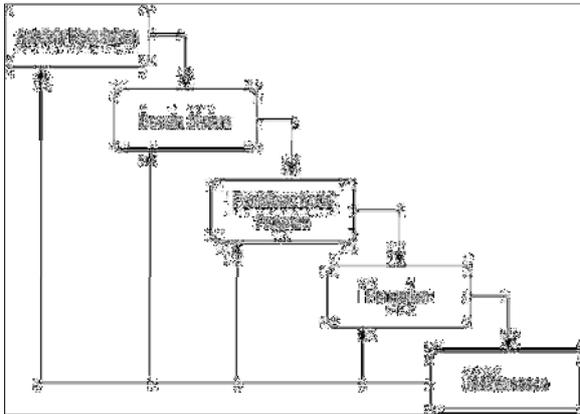
Sebelumnya, telah dilakukan banyak penelitian terdahulu terkait pengaturan nilai pH pada air dalam sistem hidroponik. Penelitian yang dilakukan oleh Fakhruzzaini dan Aprilianto mengenai Mengukur dan mengontrol volume air dan nilai pH air pada bak penampungan hidroponik tetap stabil dengan menggunakan sensor ultrasonic dan sensor pH air [18]. Penelitian yang dilakukan putra, dkk tentang bagaimana memantau dan mengendalikan nutrisi, suhu dan tinggi air pada pertanian hidroponik berbasis website [19]. Penelitian yang dilakukan Buana dan dkk mengenai Sensor pH dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi keasaman pH serta dapat menstabilkan keasaman pada cairan nutrisi dengan bantuan pH UP dan pH DOWN [20]. Kemudian penelitian yang dilakukan Eko, dkk mengenai Pembuatan Alat Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Hidroponik yang dapat mempermudah proses pengukuran kualitas air (suhu air, pH air, kekeruhan) bekerja secara otomatis dan alat ini hanya membutuhkan catu daya [21].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sebuah alat yang dapat mengkondisikan nilai pH dengan efektif dan efisien, sehingga diharapkan alat ini dapat membantu petani dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi dalam mengkondisikan pH pada sistem hidroponik [22].

## 2. Metoda Penelitian

### 2.1. Tahap Penelitian

Penelitian ini menggunakan lima tahapan sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Sistem Monitoring Ph Tanaman Selada

Tahapan penelitian ini disebut *waterfall* [23] karena tahapannya berurutan, mulai dari analisis kebutuhan, desain sistem, penulisan kode program, pengujian dan maintenance. Tahapan demi tahapan yang dilalui harus menunggu tahapan sebelumnya selesai. Contohnya tahapan pengujian tidak bisa dilakukan sebelum selesai tahapan sebelumnya yaitu penulisan kode program.

### 2.2 Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan diterapkan pada awal penelitian dengan bertujuan untuk mengetahui kebutuhan sistem. Pada tahapan ini peneliti mendefinisikan alur sistem, tujuan sistem serta mencari data yang berhubungan dengan tanaman hidroponik selada seperti ukuran nilai pH pada tanaman, kebutuhan nutrisi, kebutuhan alat untuk pembuatan media hidroponik dan jenis cairan yang akan digunakan sebagai penetralisir pH pada tanaman selada. Adapun beberapa komponen yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perangkat yang dibutuhkan untuk perancangan sistem:
  - 1) Perangkat Keras: laptop, mikrokontroler Arduino R3, sensor pH 4502C, *breadboard*, pH sensor modul,

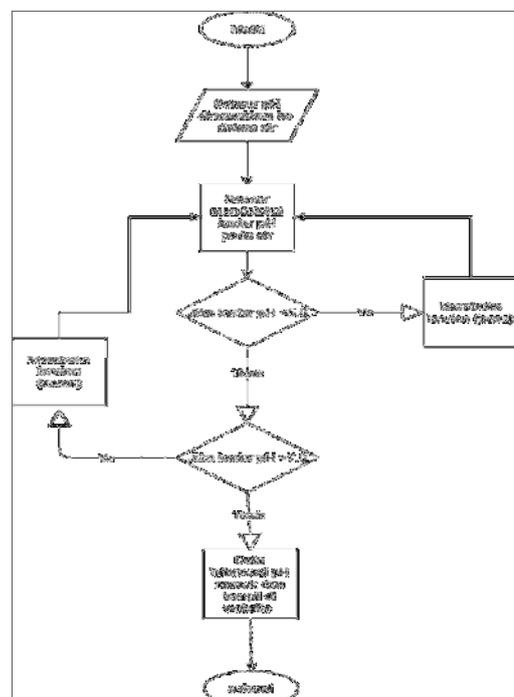
*solenoid valve, relay, ethernet shield, kabel jumper, kabel LAN (local area network), power supply.*

- 2) Perangkat Lunak : arduino IDE, fritzing, sublime text, xampp, opera browser.
- b. Peralatan dan bahan yang dibutuhkan untuk perancangan media hidroponik :
  - 1) Alat : gergaji, spidol, bor, meteran, obeng.
  - 2) Bahan : benih selada, nutrisi, cairan hydrochloric acid (HCL), cairan kalium hidroksida (KOH), net pot, rockwool, wadah air, pipa, selang, pompa air aquarium, wadah nutrisi, botol cairan asam dan basa.

### 2.3 Desain Diagram Alur Sistem

Pada tahapan ini dijelaskan terkait desain sistem pada sebuah perancangan yang akan dilakukan sebelum pembuatan sistem perangkat. Desain sistem yang akan dibentuk adalah desain diagram alur sistem, desain alat dan langkah kerjanya, dan desain perangkat keras.

Gambar 2 merupakan diagram alur sistem yang akan diimplementasikan pada sistem.



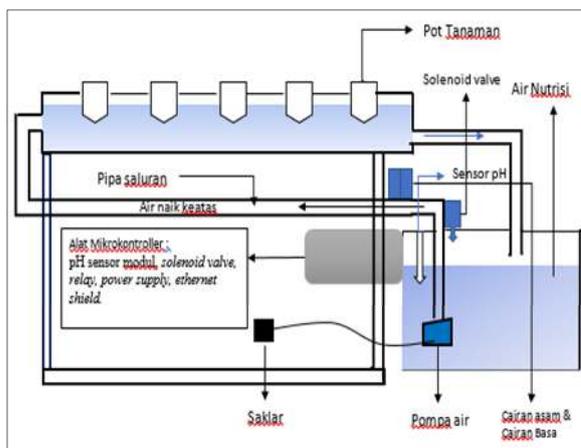
Gambar 2. Desain Diagram Alur Sistem

Gambar 2 menunjukkan rancangan alur kerja sistem mikrokontroller Arduino Uno. Adapun tahapannya yaitu, *power supply* dan pompa air aquarium dihubungkan dengan sumber listrik. Sensor pH mendeteksi nilai pH air yang berada di tanaman hidroponik, jika nilai pH berada di bawah 5.0 maka *solenoid valve* akan terbuka dan mengalirkan cairan untuk menaikkan nilai pH (basa). Sistem akan kembali mendeteksi nilai pH air apakah sudah dalam keadaan normal atau belum, jika nilai pH pada air terdeteksi lebih dari 7.0, maka *solenoid valve* akan terbuka dan mengalirkan cairan penurun nilai pH (asam). Sistem akan kembali mendeteksi nilai pH pada air, jika nilai pH berada diantara 5.00 hingga 7.00 maka relay tidak menyala hingga pH air terdeteksi kurang dari angka 5.00 atau lebih dari 7.00. Data masuk ke dalam website dan menampilkan informasi nilai pH air.

**2.4 Desain dan Langkah Kerja Alat**

Desain sistem alat yang dikembangkan ditunjukkan pada gambar 3. Pada perangkat elektronik, terdapat beberapa elemen yang harus disusun untuk dapat mengontrol pH dengan baik. Adapun rancangan elemen, fungsi dan tahapan sistem adalah sebagai berikut:

1. *Power supply* dan pompa aquarium dihubungkan dengan listrik.
2. Arduino Uno dan kabel LAN dihubungkan ke laptop.

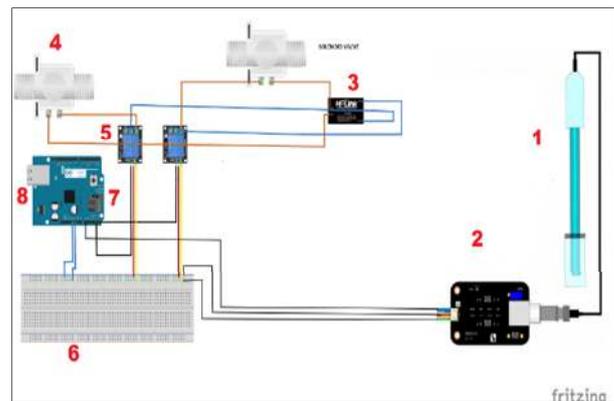


Gambar 3. Desain Alat dan Langkah Kerja

3. Sensor pH diletakkan di dalam bak air.
4. *Driver Solenoid valve* akan aktif ketika sensor pH mendeteksi nilai pH pada air mencapai lebih dari 7.0 atau kurang dari 5.5 *solenoid valve* akan menuangkan cairan penambah keasaman jika nilai pH lebih dari 7.0 untuk menurunkan nilai pH pada air dan akan menambah cairan penambah nilai pH jika kurang dari 5.5 untuk menaikkan nilai pH pada air.
5. Selanjutnya data akan terkirim ke website melalui ethernet shield dan menampilkan data di *website*.
6. Data di *website* akan menampilkan ukuran, waktu dan grafik pH.

**2.5 Desain Sistem Electric**

Rancangan desain system electric pada alat ini ditunjukkan pada gambar 4, arduino sebagai mikrokontroller digunakan sebagai pusat pemrosesan data sebagai mana pada riset sebelumnya [12],[14],[24-25]. Arduino memperoleh inputan dari sensor pH, dan output berupa solenoid yang sebelumnya melewati perangkat relay dari arduino, perangkat relay disini berperan untuk mengontrol arus yang kecil dari mikrokontroller dan meneruskan ke perangkat output [26] (solenoid) yang memiliki input arus yang lebih besar.



Gambar 4. Desain Perangkat Keras

**3. Hasil Penelitian**

**3.1. Pengujian Sensor pH**

Pengujian sensor perlu dilakukan untuk memastikan perangkat sensor dapat bekerja

dengan baik pada sistem [17]. Pengujian sensor pH dilakukan dengan membandingkan hasil dari sensor pH 4502C dan SI Analytics yang akan digunakan untuk penelitian. Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui seberapa akurat sensor pH dibandingkan dengan SI Analytics, agar pada saat diimplementasikan pada sistem, sensor pH dapat berjalan dengan baik. Hasil pengujian antara sensor pH 4502C dan SI Analytics yang disajikan dalam tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa sensor pH 4502C memberikan respon lebih lambat dibandingkan dengan SI Analytics. Rata-rata pembacaan pada sensor pH 4502C adalah 5 detik, dan rata-rata pembacaan pada SI Analytics adalah 3 detik. Diantara kedua alat memiliki selisih waktu 2 detik, namun tingkat akurasi pada sensor pH 4502C yang digunakan mencapai 99,5%, sehingga sangat layak digunakan pada sistem ini.

### 3.2. Pengujian Solenoid Valve

Pengujian *Solenoid Valve* bertujuan untuk memastikan bahwa cairan yang dialirkan melalui *Solenoid Valve* dapat berjalan dengan baik. Untuk mengatur *on/off* pada *Solenoid Valve* harus dikombinasikan dengan relay. 1 buah *Solenoid Valve* memiliki tegangan 12V, penelitian ini menggunakan 2 buah *Solenoid Valve* dan 2 buah *relay*. Jika hanya menggunakan tegangan yang ada pada arduino, maka daya tidak mencukupi karena tegangan yang ada pada arduino uno hanya memiliki 5V dan 3.3V. Jadi dibutuhkan *power supply* untuk menambahkan daya pada *Solenoid Valve* yang disetiap komponennya memiliki daya 12V. Hasil pengujian *solenoid valve* dapat berjalan dengan baik dan berjalan sesuai dengan sistem kerjanya. Berikut adalah data hasil uji coba solenoid valve pada beberapa jenis air dari asam dan basa yang akan disajikan dalam tabel 2. Hasil pengujian pada solenoid valve yang disajikan pada tabel 2 menunjukkan pengujian alat menggunakan beberapa jenis air dari asam dan basa. Setiap 1 ml yang mengalir dari solenoid valve dapat melarutkan 100 ml volume air. Rata-rata

perubahan pada setiap cairan bervariasi, mulai dari hitungan 1 detik hingga 1 menit.

### 3.3. Pengujian Alat Pada Tanaman Selada

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan pada media hidroponik tanaman selada. Tujuannya adalah untuk membuktikan bahwa alat dapat berjalan dengan baik sesuai dengan rancangan. Adapun proses pengujian alat secara keseluruhan pada media hidroponik tanaman selada memiliki beberapa tahapan, dan tahapannya adalah sebagai berikut :

- 1) Pompa air dihubungkan dengan sumber listrik.
- 2) Menyambungkan kabel LAN ke laptop.
- 3) Membuka software xampp dan *browser* untuk menyambungkan data ke website.
- 4) Sensor pH diletakkan di dalam bak nutrisi hidroponik untuk mengukur nilai pH air.
- 5) Menghubungkan power supply dengan sumber listrik sebagai daya tambahan untuk *solenoid valve*.
- 6) Pompa air menyala secara terus menerus untuk mengalirkan nutrisi pada tanaman hidroponik.
- 7) Ketika nilai pH kurang dari angka 5,00, maka *solenoid valve* akan menyala dan mengalirkan cairan penambah basa pada tanaman hingga nilai pH lebih dari 5,00.
- 8) Ketika nilai pH lebih dari angka 7,00, maka *solenoid valve* akan menyala dan mengalirkan cairan penambah keasaman pada tanaman hingga nilai pH kurang dari 7,00.
- 9) Semua data pengukuran pH tercatat dan tersimpan di *database* yang ada pada *website*.

Data hasil pengujian dan pengamatan nilai pH pada media hidroponik tanaman selada selama 2 hari pada waktu pagi, siang dan malam. Adapun data hasil pengujian dan pengamatan akan disajikan pada tabel 3:

Berdasarkan tabel 3 dapat disimpulkan bahwa pada awal pengujian pada media tanaman, sensor mendeteksi nilai pH air pada bak nutrisi yang telah dicampurkan nutrisi AB-Mix bernilai 8,0 dan untuk menghasilkan

unsur hara yang baik pada tanaman hidroponik, nilai pH pada bak nutrisi hidroponik harus menyesuaikan dengan nilai pada tanaman selada yaitu 5-7. Maka nilai pH pada tanaman selada hidroponik harus diturunkan dengan cairan penurun pH (asam) sehingga nilai pH turun menjadi 5,83, dan nilai pH tetap stabil pada angka 5,64 hingga akhir pengujian alat dan pengamatan pada media

hidroponik. Bak nutrisi yang digunakan pada tanaman hidroponik berukuran 8 liter volume air. Karena setiap 1 ml yang mengalir dari solenoid valve dapat melarutkan cairan 100 ml, maka untuk menurunkan nilai pH pada bak nutrisi yang berukuran 8 liter membutuhkan cairan asam sebanyak 80 ml.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor

No	Objek	SI Analytics		Sensor pH 4520C		Akurasi Alat (%)
		Nilai pH	Waktu	Nilai pH	Waktu	
1	Ph Buffer 6.86	6,86	3 Detik	6,89	5 Detik	100
2	Air Lemon	2,52	3 Detik	2,72	5 Detik	100
3	Air Sabun	7,63	3 Detik	7,82	5 Detik	98
4	Ph Buffer 4.00	4,00	3 Detik	4,12	5 Detik	100
Rata-rata						99,5

Tabel 2 Hasil Pengujian Solenoid Valve

No	Jenis Air	pH Awal air	Volume	Solenoid valve (aktif/tidak aktif)		Cairan yang di keluarkan solenoid valve		Hasil Akhir PH air	Waktu Pencampuran
				Aktif	Tidak aktif	Asam	Basa		
1	Sari Lemon	4,6	100 ml	✓	-	-	✓	5,8	1 menit
2	Kopi	7,4	100 ml	✓	-	✓	-	5,6	23 detik
3	Teh	8,2	100 ml	✓	-	✓	-	5,93	6 detik
4	Pembersih kaca	8,8	100 ml	✓	-	✓	-	5,94	1 detik
5	Kangen water	9,0	100 ml	✓	-	✓	-	5,92	9 detik
6	Cuka	4,9	50 ml	✓	-	-	✓	5,8	5 detik

Tabel 3 Hasil Pengujian Alat Pada Media Tanaman Selada

No	Waktu (WIB)	pH Awal air	Volume	Solenoid valve (aktif/tidak aktif)		Cairan yang di keluarkan solenoid valve		Hasil Akhir PH air
				Aktif	Tidak aktif	Asam	Basa	
1	Selasa, 09.32 AM	8,0	8 Liter	✓	-	✓	-	5,83
2	Selasa, 13.30 PM	5,83	8 Liter	-	✓	-	-	5,89
3	Selasa, 21.18 PM	5,89	8 Liter	-	✓	-	-	5,64
4	Rabu, 08.30 AM	5,64	8 Liter	-	✓	-	-	5,66
5	Rabu, 14.05 PM	5,66	8 Liter	-	✓	-	-	5,64
6	Rabu, 20.45 PM	5,64	8 Liter	-	✓	-	-	5,67

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa Sistem penetralisir pH secara otomatis dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Hasilnya, sistem dapat mengalirkan cairan basa dari solenoid valve ketika nilai pH kurang dari 5.00 dan dapat mengalirkan cairan asam dari solenoid valve ketika nilai pH terdeteksi lebih dari 7.00. Hal ini didukung dengan akurasi 99,5%. Selain itu Sistem yang dibuat dapat memonitoring jarak jauh dengan wire LAN hasil dari penetralisir pH pada tanaman hidroponik selada dengan menampilkan data nilai pH, waktu yang telah terdeteksi oleh sensor, serta menampilkan grafik nilai pH pada halaman website. Sistem yang dibuat untuk mencampurkan cairan asam dan basa secara otomatis dapat lebih cepat dibandingkan dengan metode memperoleh nilai pH secara manual. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan menggunakan aplikasi berbasis *mobile* atau web untuk bisa memantau nilai pH secara online atau dengan notifikasi

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] M. A. Maulana, I. Wijaya, and B. Suroso, "RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN SELADA (LACTUCA SATIVA) TERHADAP PEMBERIAN NUTRISI DAN BEBERAPA MACAM MEDIA TANAM SISTEM HIDROPONIK NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)," *Agritrop J. Ilmu-Ilmu Pertan. (Journal Agric. Sci.*, vol. 18, no. 1, pp. 38–50, Jun. 2020, doi: 10.32528/agritrop.v18i1.3270.
- [2] M. Meriaty, "PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SELADA (Lactuca sativa L.) AKIBAT JENIS MEDIA TANAM HIDROPONIK DAN KONSENTRASI NUTRISI AB MIX," *Agroprimatech*, vol. 4, no. 2, pp. 75–84, Apr. 2021, doi: 10.34012/agroprimatech.v4i2.1698.
- [3] M. A. R. Hakim, S. Sumarsono, and S. Sutarno, "Pertumbuhan dan produksi dua varietas selada (Lactuca sativa l.) pada berbagai tingkat naungan dengan metode hidroponik," *J. Agro Complex*, vol. 3, no. 1, p. 15, Jun. 2019, doi: 10.14710/joac.3.1.15-23.
- [4] R. S. Siti Kamalia, Parawita Dewanti, "Teknologi Hidroponik Sistem Sumbu Pada Produksi Selada Lollo Rossa (Lactuca sativa L.) Dengan Penambahan CaCl<sub>2</sub> Sebagai Nutrisi Hidroponik," *J. Agroteknologi*, vol. 11, no. 01, 2017.
- [5] I. W. Indra Wardhana, Hudaini Hasbi, "Respons Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (Lactuca sativa L.) pada Pemberian Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Interval Waktu Aplikasi Pupuk Cair Super Bionik," *Agritrop J. Ilmu-Ilmu Pertan.*, no. 7, pp. 165–185, 2015.
- [6] A. Sahrijanna, "Perbandingan Sistem Hidroponik Antara Desain Wick (Sumbu) dengan Nutrient Film Tehnique (NFT) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung Ipomoea aquatica," *Ilmu Alam dan Lingkungan*, vol. 8, no. 16, pp. 52–57, 2017.
- [7] Arista Damayanti, "Analisis Usaha Tani Selada Sistem Hidroponik Dengan Sistem NFT di Kecamatan Tenggarong Seberang," *Magrobisnis*, vol. 17, no. 1, pp. 34–46, 2017.
- [8] M. Fikri, A. Musthafa, and faisal reza Pradhana, "Design and Build Smart Aquascape Based on PH and TDS With IoT System Using Fuzzy Logic," in *Procedia of engineering and life science*, 2021, doi: <https://doi.org/10.21070/pels.v2i0.1166>.
- [9] M. abdullah Nahdi, T. yuwono Putro, and Y. Sudarsa, "Sistem Pemantauan dan Kendali Suhu Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis IOT," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 10, no. 1, pp. 201–207, 2019.
- [10] R. G. Calibra, I. Ardiansah, and N. Bafdal, "Pengendalian Kualitas Air untuk Tanaman Hidroponik Menggunakan Raspberry Pi dan Arduino Uno," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 7, no. 1, pp. 240–250, 2021, doi: <https://doi.org/10.28932/jutisi.v7i1.3421>.
- [11] M. W. Hamdani, A. Stefanie, and Y. Saragih, "Perancangan dan Implementasi Metode Kontrol Fuzzy Logic Mamdani pada Sistem Kontrol TDS dan pH Hidroponik," *J. Teknol. terpadu*, vol. 10, no. 2, pp. 117–183, 2022, doi: <https://doi.org/10.32487/jtt.v10i2.1555>.
- [12] R. Randis, S. Akbar, and R. Darmawan, "IMPLEMENTASI SISTEM SAFETY DEVICE ENGINE OIL LEVEL PC 200-7 BERBASIS ARDUINO," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 90–98, Jan. 2019, doi: 10.23917/mesin.v19i2.7508.
- [13] S. N. Utama, D. Muriyatmoko, and F.

- Hekmatyar, "RANCANG BANGUN ROBOT SEDERHANA PEMBERSIH LANTAI MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO," *J. Teknol. terpadu*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: <https://doi.org/10.32487/jtt.v8i2.877>.
- [14] Randis and S. H. Wijaya, "Application of air conditioner (AC) automation system on arduino platform-based vehicle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 885, no. 1, p. 012017, Jul. 2020, doi: [10.1088/1757-899X/885/1/012017](https://doi.org/10.1088/1757-899X/885/1/012017).
- [15] P. IPM, M. Sitorus, and H. Aziz, "Perancangan Alat Bantu Swing Otomatis Untuk Mengurangi Kegagalan Produk Pada Industri Bahan Bangunan," *SUTET*, vol. 9, no. 1, pp. 26–35, Jun. 2019, doi: [10.33322/sutet.v9i1.472](https://doi.org/10.33322/sutet.v9i1.472).
- [16] I. N. G. Adrama, G. Ramadhan, and I. W. Sukadana, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Kebocoran Gas Elpiji dengan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 80–91, Apr. 2022, doi: [10.38043/telsinas.v5i1.3754](https://doi.org/10.38043/telsinas.v5i1.3754).
- [17] A. Musthafa, faisal reza Pradhana, and E. Prayogi, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol pH Tanah Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis IoT," in *SNIA (Seminar Nasional Informatika dan Aplikasinya)*, 2021.
- [18] M. Fakhruzzaini and H. Aprilianto, "Sistem Otomatisasi Pengontrolan Volume Dan PH Air Pada Hidroponik," *JUTISI*, vol. 6, no. 1, pp. 1335–1344, 2017, doi: [10.35889/jutisi.v6i1.228](https://doi.org/10.35889/jutisi.v6i1.228).
- [19] Y. H. Putra, D. Triyanto, and Suhardi, "SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN NUTRISI, SUHU, DAN TINGGI AIR PADA PERTANIAN HIDROPONIK BERBASIS WEBSITE," *J. Komput. dan Apl.*, vol. 6, no. 3, pp. 128–138, 2018, doi: [http://dx.doi.org/10.26418/coding.v6i3.29041](https://doi.org/10.26418/coding.v6i3.29041).
- [20] Z. Buana, O. Candra, and Elfizon, "SISTEM PEMANTAUAN TANAMAN SAYUR DENGAN MEDIA TANAM HIDROPONIK MENGGUNAKAN ARDUINO," *J. Tek. elektro dan vikasional*, vol. 5, no. 1, pp. 74–80, 2019.
- [21] E. Budihartono, Y. F. Sabanise, and A. Rakhman, "Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Hidroponik Berbasis Arduino," *Jurnalnya Orang Pint. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 118–121, 2021, doi: [http://dx.doi.org/10.30591/smartcomp.v10i2.2554](https://doi.org/10.30591/smartcomp.v10i2.2554).
- [22] A. Fauzan and R. Fahlefi, "SISTEM MONITORING HIDROPONIK BERBASIS ARDUINO UNO," *J. Ilm. Mhs. kendali dan List.*, vol. 3, no. 1, pp. 84–94, 2022, doi: <https://doi.org/10.33365/jimel.v3i1.1735>.
- [23] I. Sommerville, *Software engineering*, 9th ed. Boston,: Pearson, 2009.
- [24] Baharuddin, Randis, and Taufik Hidayat. "Atmega Microcontroller 2560 Based Safety System Of Monitor Panel And Controller On A Small Excavator." *Jurnal Rekayasa Mesin* 11.3 (2020): 367-374.
- [25] Randis, Randis, and Sarminto Sarminto. "Aplikasi Internet Of Things Monitoring Suhu Engine Untuk Mencegah Terjadinya Over Heat." *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 7.2 (2018).
- [26] Hesti, Emilia, and Yessi Marniati. "Rancang Bangun Kendali Terminal Stop Kontak Otomatis via SMS (Short Message Service) Berbasis Mikrokontroler." *Jurnal Teknik Elektro* 7.1 (2018): 46-50.