

PEMBUATAN SISTEM PEMANTAUAN PH DAN PPM AIR PADA HIDROPONIK BERBASIS IoT

Agus Hermanto¹, Tony Ahmad Husein Al Mubarak², Agung Kridoyono³

Program Studi Teknik Informatika

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

e-mail: *¹hermanto_if@untag-sby.ac.id,

²tonyahmadhuseinalmubarak@gmail.com, ³akridoyono@untag-sby.ac.id

Abstract

The reduction in agricultural land due to being converted into housing and urban areas means that the amount of food production is decreasing. Based on the problems above, the author offers an innovation to overcome the problem of food security through "Smart Farming". This innovation can be implemented by the community using the concept of integrated agriculture with fisheries which is easy to apply on minimal land which has not been utilized properly. However, currently There is currently no system that can monitor the pH and PPM levels of water automatically and easily. This has an impact on the poor quality of hydroponic plant production so that it cannot be sold to consumers and causes losses for this business Internet of Things (IoT) and website, this smart farming innovation was developed as a system for monitoring the condition of pH and PPM levels of water in hydroponic planting media. The development of a website-based pH and PPM monitoring system offers an innovative approach in utilizing technology to overcome the challenges of monitoring water quality effectively. By utilizing the advantages of information technology and the internet, this system can become an important solution in supporting efforts to protect the environment and sustain water resources in the future.

Keyword: Hydroponics, Smart Farming, PH, TDS.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang mayoritas penduduknya bermata pencaharian di bidang pertanian dengan segala macam sumber daya alam yang sangat melimpah. Pemanfaatan dan pengembangan lahan pertanian di Indonesia sebagian besar hanya terdapat di daerah pedesaan, sedangkan di daerah perkotaan jarang dijumpai lahan untuk pertanian (Gunadi & Daud, 2022). Salah satu penyebabnya karena pertambahan jumlah penduduk yang tidak sebanding dengan ketersediaan lahan pada perkotaan. Hidroponik merupakan metode bertani tanpa menggunakan tanah, di mana tanaman ditanam dalam larutan air yang mengandung nutrisi penting. Beberapa jenis sistem hidroponik yang umum digunakan adalah sistem *wick*, *deep water culture* (DWC), dan *nutrient film technique* (NFT) (Pramartaningthyas, Kumala, Ma'Shumah, & Faud, 2022). sistem hidroponik memberikan keuntungan dalam pengendalian lingkungan, efisiensi penggunaan air, dan memungkinkan penanaman tanaman di lokasi dengan lahan terbatas (Abdullah & Andres, 2021). Sebuah studi oleh (Sotiyohadi, Dewa, & Somawirata, 2020) menunjukkan bahwa penggunaan sistem pemantauan otomatis yang terintegrasi dengan sensor pH dan PPM dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sistem hidroponik hingga 40%. Dengan sistem ini, petani dapat menghemat waktu dan tenaga dalam memantau kondisi larutan. Hal ini mendorong adanya inovasi teknologi pertanian modern untuk pemanfaatan lahan sempit atau disebut dengan pertanian hidroponik (Othman & Mohammed, 2021).

Pengembangan Sistem Kendali pH dan PPM pada Sistem Budidaya Air Laut oleh (Fauzi & Syahputra, 2021) berfokus pada pengembangan sistem kendali pH dan PPM pada sistem budidaya air laut di Indonesia. Mereka menggunakan sensor pH dan PPM yang terhubung ke sistem kontrol berbasis mikrokontroler, dan mengimplementasikan algoritma kendali adaptif untuk menjaga kondisi air pada tingkat yang sesuai. Dari sini kami mengembangkan untuk membuat sistem pemantauan pH dan PPM dengan berbasis website pada hidroponik untuk membuat lebih efisien dalam pengendalian kadar air supaya hasil tanaman bisa lebih baik. Tanaman yang digunakan adalah kangkung, dengan sistem NFT hidroponik (Syarifudin, et al., 2022).

Pengembangan sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam bidang-bidang seperti pengelolaan sumber daya air, konservasi lingkungan, serta aplikasi industri dan

pertanian. Dengan memberikan akses mudah dan informasi yang akurat, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan pengambilan keputusan yang tepat dalam pengelolaan kualitas air (Grey, Bonde, Ludong, & Najoran, 2021). Pengembangan sistem pemantauan pH dan PPM berbasis website menawarkan pendekatan inovatif dalam memanfaatkan teknologi untuk mengatasi tantangan dalam pemantauan kualitas air secara efektif. Dengan memanfaatkan keunggulan teknologi informasi dan internet, sistem ini dapat menjadi solusi yang penting dalam mendukung upaya perlindungan lingkungan dan keberlanjutan sumber daya air di masa depan (A & Bandyopadhyay, 2020).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Perangkat Penelitian

Dalam studi ini, diperlukan perangkat dan materi yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, dan peralatan untuk sistem hidroponik. Berikut adalah daftar kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak :

Tabel 1. Bahan dan Perangkat Penelitian

| <i>Hardware</i> | <i>Software</i> |
|---------------------|-----------------|
| Node MCU ESP32 | Arduino IDE |
| Sensor TDS | Fritzing |
| LCD 16x2 | |
| PCB | |
| Selang | |
| Kabel | |
| Pin Header | |
| Kabel Jumper | |
| Power Supply 12V 5A | |

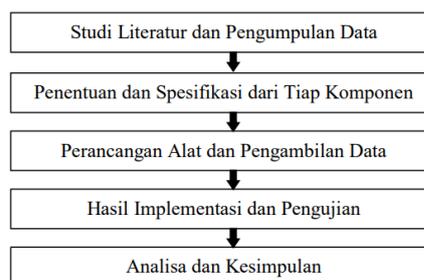
Selain kebutuhan tabel di atas, terdapat juga kebutuhan untuk hidroponik, berikut adalah peralatannya :

1. Baskom atau wadah untuk media hidroponik
2. Netpot untuk tempat tanaman
3. Nutrisi AB mix
4. Rockwool sebagai media semai
5. Bibit kangkung

Tahapan Penelitian

Tahapan pengerjaan proyek akhir ini sebagai berikut :

1. Studi literatur dan pengumpulan data.
2. penentuan dan spesifikasi dari tiap komponen
3. Perancangan alat dan pengambilan data
4. Hasil implementasi dan pengujian
5. Analisa dan kesimpulan

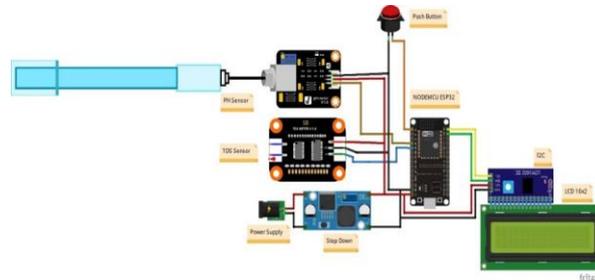


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sesuai urutan seperti Gambar 1, dimulai dari studi literatur dan pengumpulan data dan diakhiri dengan analisis dan kesimpulan.

Rancangan Alat

Rancangan alat ini digunakan untuk memudahkan ketika merakit alat yang akan digunakan.



Gambar 2. Rangkaian Alat

Gambar 2 menunjukkan desain sistem yang menggunakan NODEMCU ESP32 sebagai mikrokontrolernya. Sensor yang terdapat dalam sistem ini meliputi sensor TDS untuk membaca kadar PPM, serta sensor PH untuk mengukur kadar pH. Data yang terbaca oleh sensor akan ditampilkan pada LCD 16x2 I2C dan juga dikirimkan ke Aplikasi pengguna (Zhang & Liu, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil tampilan alat



Gambar 3. Hasil Tampilan Alat

Gambar 3 adalah tampilan alat setelah dirancang, dimasukkan ke tempat berbentuk kotak supaya lebih rapi, dan kabel yang dipasang semuanya disolder agar tidak mudah lepas.

Hasil tampilan website

1. Tampilan Halaman *Login*



Gambar 4. Tampilan Halaman *Login*

Pada gambar 4 ini menampilkan halaman pertama yang digunakan untuk keamanan, karena harus memasukkan username dan password, ini berguna supaya hanya orang tertentu yang bisa membuka aplikasi.

2. Tampilan Halaman *Dashboard*



Gambar 5. Tampilan *Dashboard*

Pada halaman *dashboard* ketika *login* sukses terdapat tampilan berupa *monitoring* nilai dari kadar PPM dan pH air, grafik ini juga bisa dilihat untuk masing-masing nilai, seperti gambar 6 untuk nilai pH dan gambar 7 untuk nilai PPM.

3. Tampilan Grafik pH



Gambar 6. Tampilan Menu Grafik pH

Pada gambar 6 terdapat tampilan grafik dari nilai pH yang didapat dari hasil sensor, titik hijau berfungsi untuk menjadi penanda pergantian nilai pH dengan disertai waktu dan tanggal.

4. Tampilan Grafik PPM



Gambar 7. Tampilan Menu Grafik PPM

Pada halaman ini terdapat tampilan grafik dari nilai PPM yang didapat dari hasil sensor,

titik hijau berfungsi untuk menjadi penanda pergantian nilai PPM dengan disertai waktu dan tanggal.

5. Tampilan Data Sensor

| No | Tanggal & Waktu | PPM | Ph |
|----|---------------------|--------|------|
| 1 | 2024-03-31 11:59:01 | 0.00 | 4.15 |
| 2 | 2024-03-31 11:59:04 | 0.00 | 3.98 |
| 3 | 2024-03-31 11:59:08 | 0.00 | 4.23 |
| 4 | 2024-03-31 11:59:12 | 0.00 | 4.09 |
| 5 | 2024-03-31 11:59:16 | 0.00 | 4.12 |
| 6 | 2024-03-31 11:59:19 | 314.00 | 3.72 |
| 7 | 2024-03-31 11:59:23 | 315.00 | 4.18 |
| 8 | 2024-03-31 11:59:26 | 316.00 | 4.18 |
| 9 | 2024-03-31 11:59:30 | 316.00 | 4.15 |
| 10 | 2024-03-31 11:59:33 | 317.00 | 4.20 |

Gambar 8. Tampilan Menu Data Sensor

Pada halaman ini terdapat tampilan untuk data dari hasil sensor meliputi nilai PPM dan pH serta waktu realtime saat data itu diambil. Terdapat juga fitur filter data berdasarkan tanggal tertentu yang bisa diinput pada bagian yang sudah disediakan. Untuk download data juga terdapat pada halaman ini, ketika di klik maka akan diarahkan ke halaman seperti gambar 9 di Bawah ini.

6. Tampilan untuk Download Data

Excel PDF Print Search:

| No | Tanggal & Waktu | PPM | Ph |
|----|---------------------|--------|------|
| 1 | 2024-03-31 11:59:01 | 0.00 | 4.15 |
| 2 | 2024-03-31 11:59:04 | 0.00 | 3.98 |
| 3 | 2024-03-31 11:59:08 | 0.00 | 4.23 |
| 4 | 2024-03-31 11:59:12 | 0.00 | 4.09 |
| 5 | 2024-03-31 11:59:16 | 0.00 | 4.12 |
| 6 | 2024-03-31 11:59:19 | 314.00 | 3.72 |
| 7 | 2024-03-31 11:59:23 | 315.00 | 4.18 |
| 8 | 2024-03-31 11:59:26 | 316.00 | 4.18 |
| 9 | 2024-03-31 11:59:30 | 316.00 | 4.15 |
| 10 | 2024-03-31 11:59:33 | 317.00 | 4.20 |

Showing 1 to 10 of 316 entries Previous 1 2 3 4 5 ... 32 Next

Gambar 9. Tampilan Menu Untuk Download Data Sensor

Gambar di atas menunjukkan hasil data rekapitulasi sensor yang akan didownload, format file yang bisa dipilih yaitu Excel dan PDF, kemudian isi dari data adalah waktu ketika nilai PPM atau pH berganti, nilai PPM dan nilai pH.

7. Tampilan kelola pengguna

Tampilkan Data Show 2 of 2 entries Search:

| No | Name | Username | Level | Aksi |
|----|-------|----------|---------------|-------------------------------|
| 1 | gponk | 1 | Administrator | G E |
| 2 | gponk | gponk | Administrator | G E |

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous 1 Next

Gambar 10. Tampilan Menu Kelola Pengguna

Pada halaman ini terdapat tampilan untuk nama, *username*, dan level dari akun yang tersedia, terdapat juga aksi untuk menambahkan akun, edit, dan hapus.

Hasil Pengujian Rangkaian Hardware

Dalam penggunaan alat terdapat sensor TDS meter sebagai alat untuk mendapatkan nilai kepekatan air atau PPM dan sensor PH untuk mendapatkan nilai PH air.

Sensor TDS Meter

Pada pengujian sensor TDS Meter yang dilakukan dengan mencatat sebanyak tiga kali di waktu yang berbeda dengan kadar air yang sama dan dengan alat ukur TDS meter.



Gambar 13. Pengujian Pertama Sensor TDS

Pada pendataan pertama didapat nilai dari TDS meter adalah 453 ppm, dan nilai yang didapat dari alat adalah 377 ppm.



Gambar 14. Pengujian Kedua Sensor TDS

Pada pendataan kedua didapat nilai dari TDS meter adalah 465 ppm, dan nilai yang didapat dari alat adalah 372 ppm.



Gambar 15. Pengujian Ketiga Sensor TDS

Pada pendataan ketiga didapat nilai dari TDS meter adalah 453 ppm, dan nilai yang didapat dari alat adalah 378 ppm.

Dari pendataan di tiga waktu pengujian sensor TDS di atas diperoleh data sebagai berikut

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor TDS

| No | Hasil TDS meter | Hasil sensor alat |
|----|-----------------|-------------------|
| 1 | 453 ppm | 377 ppm |
| 2 | 465 ppm | 372 ppm |
| 3 | 453 ppm | 378 ppm |

Pada pengujian sensor PH Meter yang dilakukan dengan mencatat sebanyak tiga kali di waktu yang berbeda dengan kadar air yang sama dan perbandingan dengan alat ukur PH meter.



Gambar 16. Pengujian Pertama Sensor pH

Pada pendataan pertama didapat nilai dari PH meter adalah 7.3, dan nilai yang didapat dari alat adalah 7.33.



Gambar 17. Pengujian Kedua Sensor pH

Pada pendataan kedua didapat nilai dari PH meter adalah 7.51, dan nilai yang didapat dari alat adalah 7.33.



Gambar 18. Pengujian Ketiga Sensor pH

Pada pendataan ketiga didapat nilai dari PH meter adalah 7.46, dan nilai yang didapat dari alat adalah 6.94.

Dari pendataan di tiga waktu yang berbeda pengujian sensor PH di atas diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor pH

| No | Hasil pH meter | Hasil sensor alat |
|----|----------------|-------------------|
| 1 | 7.30 | 7.33 |
| 2 | 7.51 | 7.33 |
| 3 | 7.46 | 6.94 |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan nilai dari pH meter dengan alat tidak terlalu jauh, yang berarti alat bisa digunakan dengan baik oleh petani hidroponik.

Pengujian Software

Pada hasil rancangan dilakukan pengujian dan analisa yang bertujuan untuk mengetahui fungsi dari sistem yang telah dibuat, apakah sistem tersebut telah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan ataupun tidak. Pengujian terhadap sistem yang telah dirancang adalah dengan menggunakan pengujian *Black Box*. Pengujian *Black Box* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengamati hasil eksekusi melalui *records* uji dan memeriksa fungsional dari aplikasi (Sharma & Singh, 2021).

Semua skenario ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua kebutuhan fungsional berjalan dengan normal, skenario dilakukan pada kebutuhan fungsional dari sistem, responden yang akan melakukan pengujian adalah petani desa yang masih menggunakan sistem manual untuk memantau nilai pH dan PPM hidropniknya. Berikut pada tabel 4 adalah Skenario yang akan diuji (Siswidiyanto, Ahmad, Diah, & Eko, 2020).

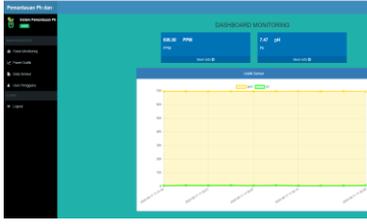
Tabel 4. Skenario Pengujian

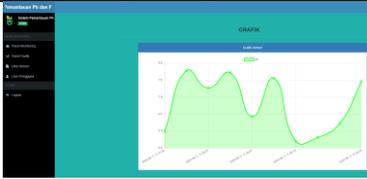
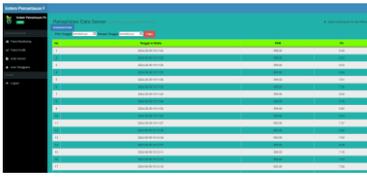
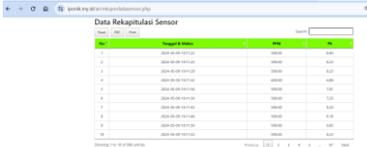
| No | Komponen Pengujian | Skenario Pengujian | Jenis Pengujian |
|----|--------------------------------|---|------------------|
| 1 | Menu Login | Melakukan Login Pada laman website | <i>Black Box</i> |
| 2 | Menu Utama Dashboar Monitoring | Menampilkan halaman menu utama Dashboard monitoring yang nantinya akan digunakan oleh pengguna untuk memantau nilai pH dan PPM. | <i>Black Box</i> |
| 3 | Menu Grafik pH | Menampilkan halaman menu monitoring yang menampilkan grafik dari nilai pH, dan akan digunakan memantau nilai pH dari air. | <i>Black Box</i> |
| 4 | Menu Grafik PPM | Menampilkan halaman menu monitoring yang menampilkan grafik dari nilai PPM, dan akan digunakan memantau nilai PPM dari air. | <i>Black Box</i> |
| 5 | Menu Data Hasil Sensor | Menampilkan halaman menu data hasil sensor, yang berisi nilai pH dan PPM. | <i>Black Box</i> |
| 6 | Fitur Download Data | Menekan tombol download untuk melakukan download data dari nilai pH dan PPM. | <i>Black Box</i> |
| 7 | Fitur Filter Data | Memilih tanggal yang akan ditampilkan data sensornya sesuai dengan tanggal tersebut. | <i>Black Box</i> |
| 8 | Menu Pengguna Sistem | Menampilkan menu pengguna, pada menu ini berisi fitur untuk mengelola data pengguna. | <i>Black Box</i> |
| 9 | Fitur Tambah Pengguna | Meneken tombol “+” untuk menambahkan data pengguna. | <i>Black Box</i> |
| 10 | Fitur Edit Pengguna | Menekan tombol pensil untuk mengubah data pengguna. | <i>Black Box</i> |
| 11 | Fitur Hapus pengguna | Menekan tombol hapus untuk menghapus data pengguna. | <i>Black Box</i> |

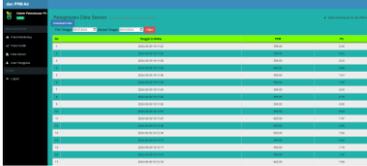
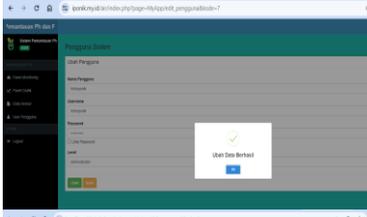
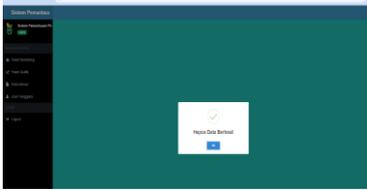
Hasil Pengujian

Dari skenario pengujian yang sudah dilakukan, berikut adalah hasil pengujian yang ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5 Hasil Pengujian Perangkat Lunak

| No | Komponen yang Diuji | Skenario dan Hasil Uji | | |
|----|---------------------------------|---|---|------------------------------------|
| | | Tampilan Aplikasi | Hasil pengujian | Kesimpulan |
| 1 | Menu Login |  | Aplikasi menampilkan halaman login, pengguna bisa memasukkan username dan password, setelah berhasil maka pengguna akan diarahkan ke halaman utama. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 2 | Menu Utama Dashboard Monitoring |  | Aplikasi menampilkan halaman menu utama Dashboard monitoring yang akan digunakan oleh pengguna untuk memantau nilai pH dan PPM. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |

| No | Komponen yang Diuji | Skenario dan Hasil Uji | | |
|----|------------------------|---|---|------------------------------------|
| | | Tampilan Aplikasi | Hasil pengujian | Kesimpulan |
| 3 | Menu Grafik pH |  | Menampilkan halaman menu monitoring yang menampilkan grafik dari nilai pH, dan akan digunakan oleh pengguna untuk memantau nilai pH dari air. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 4 | Menu Grafik PPM |  | Menampilkan halaman monitoring grafik dari nilai PPM, dan akan digunakan oleh pengguna untuk memantau nilai PPM dari air. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 5 | Menu Data Hasil Sensor |  | Menampilkan halaman menu data hasil sensor, yang berisi nilai pH dan PPM. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 6 | Fitur Download Data |  | Menekan tombol download untuk melakukan download data dari nilai pH dan PPM. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |

| No | Komponen yang Diuji | Skenario dan Hasil Uji | | |
|----|-----------------------|---|--|------------------------------------|
| | | Tampilan Aplikasi | Hasil yang Diharapkan | Kesimpulan |
| 7 | Fitur Filter Data |  | Memilih tanggal dan ditampilkan data sensornya sesuai dengan tanggal tersebut. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 8 | Menu Pengguna Sistem |  | Menampilkan menu pengguna, pada menu ini berisi fitur untuk mengelola data pengguna. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 9 | Fitur Tambah Pengguna |  | Menekan tombol “+” untuk menambahkan data pengguna. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 10 | Fitur Edit Pengguna |  | Menekan tombol pensil untuk mengubah data pengguna. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |
| 11 | Fitur Hapus pengguna |  | Menekan tombol hapus untuk menghapus data pengguna. | [√] Berhasil [] Tidak berhasil |

KESIMPULAN

Hasil pengujian dan analisis sebelumnya dari berbagai sistem dan sensor menunjukkan bahwa:

1. Perancangan dan implementasi alat Monitoring Hidroponik sudah sesuai dengan rencana. Alat ini berguna bagi orang-orang yang memiliki hidroponik dan orang yang sedang belajar hidroponik karena dapat memantau pH dan PPM dari jarak jauh yang terhubung dengan website, sehingga dapat diakses melalui laptop atau smartphone.
2. Alat ini juga dapat menghemat waktu karena sudah otomatis dan dapat dimonitoring jarak jauh yang terhubung dengan website, sehingga tidak perlu datang ke tempat hidroponik kecuali ketika ada perbaikan.
3. Pengujian sensor pH dan sensor TDS juga sudah bekerja dengan baik, meskipun nilai yang didapat tidak sama dengan nilai dari pH meter atau TDS meter, berdasarkan data dari tabel 3 dan tabel 4, diperoleh rata-rata nilai perbedaan untuk sensor TDS adalah 81,3 dan untuk sensor pH adalah 0,3.

SARAN

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh pada Analisa dan pengujian sistem masih memiliki kekurangan, sehingga penulis memiliki rekomendasi sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan pompa agar nutrisi dan/atau aquades dapat mengalir untuk mengontrol nilai pH dan PPM.
2. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk menambahkan motor servo yang berkualitas untuk mengaduk air nutrisi sehingga nilai pH dan PPM dapat merata.
3. Penelitian berikutnya diharapkan bisa ditambahkan fungsi sistem prediksi untuk menentukan nilai pH dan PPM yang digunakan baik atau tidak untuk tanaman kangkung.

DAFTAR PUSTAKA

- A, P., & Bandyopadhyay, S. (2020). Design of pH Control System for Water treatment Process Using Genetic Algorithm Based PID Controller.
- Abdullah, A., & Andres, J. (2021). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada. *Jurnal PENDAS: Pendidikan Dasar*.
- Fauzi, A., & Syahputra, R. A. (2021). Pengembangan Sistem Kendali pH dan PPM pada Sistem Budidaya Air Laut.
- Grey, M., Bonde, Ludong, D. P., & Najoan, M. E. (2021). Smart Agricultural System in Greenhouse Based on Internet of Things for Lettuce (*Lactuca Sativa L.*). *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 9-16.
- Gunadi, & Daud, M. (2022). Rancang Bangun Sistem Kontrol Keasaman Air Kolam Ikan Menggunakan Sensor pH Berbasis Arduino. *J. Fokus Elektroda (Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali)*, 7.
- Othman, M., & Mohammed, H. (2021). Design and Development of an IoT-Based Hydroponics Monitoring and Control System. 2021 3rd International Conference on Computing. *Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, 1-6.
- Pramartaningthyas, Kumala, E., Ma'Shumah, S., & Faud, M. I. (2022). Analisis Performa Sistem Kendali Ph Dan Tds Terlarut Berbasis Internet Of Things Pada Sistem Hidroponik Dft. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 5, 1-9. doi:10.31598/jurnalresistor.v5i1.954.
- Sharma, R., & Singh, M. (2021). IoT-Based Water Quality Monitoring System Using pH and TDS Sensors. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*.
- Siswidiyanto, Ahmad, M., Diah, W., & Eko, H. (2020). Sistem Informasi Penyewaan Rumah Kontrakan Berbasis Web Dengan. *Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*.
- Sotyohadi, Dewa, W. S., & Somawirata, I. K. (2020). Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *ALINIAR J. Artif. Intell. Appl.*
- Syarifudin, A. A., Hutahean, A. D., Widiawira, B. Y., Rahmania, M. M., Panjaitan, M. A., Priyanka, M. A., & Taufikurrahman. (2022). Pelatihan Budidaya Kangkung dengan Menggunakan Sistem Hidroponik di Desa Banjarsari. *Jurnal pengabdian Kepada Masyarakat*.
- Zhang, W., & Liu, X. (2020). IoT-based Water Quality Monitoring System using pH and TDS Sensors. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*.