

Implementasi Metode Fuzzy Sebagai Sistem Kontrol Kepekatan Nutrisi Otomatis Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Pasa Rangkaian *Nutrient Film Technique (NFT)*

Kurniawan Dwi Yulianto*, Achmad Maududie**, Nova El Maidah ***

* ** *** Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember

*kurniawan.yulianto77@gmail.com, **maududie@unej.ac.id, ***nova.pssi@unej.ac.id

ABSTRACT

Hydroponics is a method of cultivating plants by utilizing water as a growth medium by emphasizing on meeting the nutritional needs of hydroponic plants. Hydroponics requires special treatment such as maintaining nutrient levels within the range so that the use of a control system is used. The implementation of the automatic nutrition control system aims to make it easier for farmers to regulate the mixing of AB mix + POC nutrients with water at the PPM value of lettuce plants automatically based on the age of plant growth, so that farmers can produce plants with optimal growth and maximum yields. The hydroponic nutrition control system uses the Fuzzy method. The system will also be integrated with the Arduino Uno microcontroller which is equipped with a Total Dissolved Solids (TDS) sensor. The results of this study can be seen that the success of the system can work well in detecting nutrients in the reservoir and can control pumps and water pumps in low, normal, and high conditions. The sensor used can also work well, where the TDS sensor has an error value of 4.81% and then calibration is carried out so that it gets the equation for the TDS value

Keyword: *hydroponics, fuzzy, control system, total dissolved solids, nutrient*

1. Pendahuluan

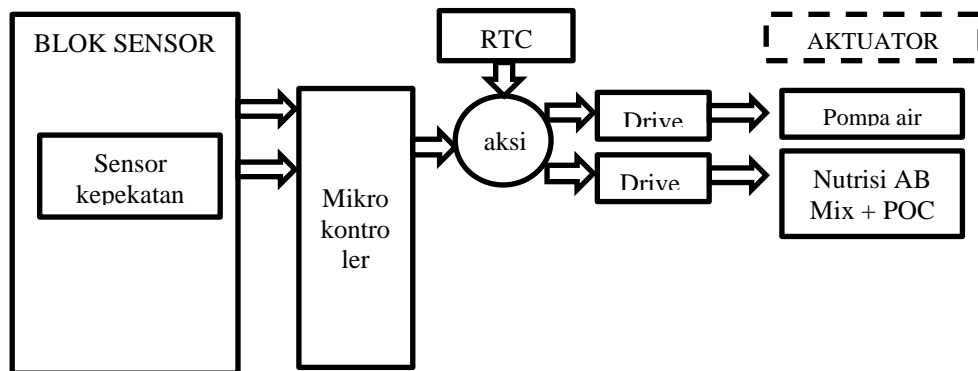
Hidroponik adalah lahan budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, sehingga hidroponik merupakan aktivitas pertanian yang dijalankan dengan menggunakan air sebagai media untuk menggantikan tanah. Sehingga sistem bercocok tanam secara hidroponik dapat memanfaatkan lahan yang sempit. Pertanian dengan menggunakan sistem hidroponik memang tidak memerlukan lahan yang luas dalam pelaksanaannya [1].

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman dengan memanfaatkan air sebagai media tumbuhnya, dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman hidroponik. Campuran kandungan unsur hara yang terlarut pada nutrisi memiliki perbandingan AB mix 75% + POC (Pupuk Organik Cair) 25%. Namun, permasalahan yang dihadapi oleh petani hidroponik saat ini adalah mengatur nilai kepekatan berdasarkan usia tumbuh tanaman pada komposisi nutrisi minggu ke 1 dan minggu ke 2 selada hidroponik diberikan dosis nutrisi AB mix + POC (Pupuk Organik Cair) dengan kepekatan 550 - 600 PPM (Part Per Million). Pada minggu ke 3 sampai minggu ke 4 selada hidroponik diberikan dosis nutrisi AB mix + POC (Pupuk Organik Cair) dengan kepekatan 800 - 850 PPM (Part Per Million). Kandungan unsur hara yang terlarut dengan komposisi optimal dalam hidroponik berperan penting dalam memaksimalkan pertumbuhan tanaman terutama pada jumlah daun, lebar dan panjang [2]. Mikrokontroler dalam sistem kontrol nutrisi otomatis, mengatur kepekatan dan keseimbangan campuran nutrisi AB Mix + POC. Hasil masukan sensor yang terpasang akan diproses dan dijadikan acuan mikrokontroler untuk menyeimbangkan kandungan unsur hara yang terlarut dalam nutrisi tanaman hidroponik dengan menggunakan aturan *fuzzy*.

Pengembangan sistem kontrol nutrisi otomatis untuk optimalisasi tanaman hidroponik berbasis mikrokontroler menggunakan metode *fuzzy* pada rangkaian *Nutrient Film Technique (NFT)* perlu diterapkan guna menanggulangi permasalahan tentang keseimbangan dan kepekatan terhadap kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik. Mikrokontroler dapat digunakan sebagai pengendali intensitas cahaya [3], pengendali kelembapan tanah [4][5], serta pengaturan nutrisi [6] yang dapat mengoptimalkan produksi tanaman hidroponik. Metode *Fuzzy* dipilih karena memiliki konsep yang mudah dimengerti dan didasarkan pada bahasa alami sehingga dapat memberikan keputusan yang menyerupai keputusan manusia [4]. Berdasarkan uraian sebelumnya, maka pada penelitian ini peneliti mengajukan topik penelitian dengan judul Sistem Kontrol Nutrisi Otomatis untuk Optimalisasi Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Metode *Fuzzy* pada Rangkaian *Nutrient Film Technique (NFT)*. Penelitian ini dimaksudkan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada petani hidroponik

2. Metode Penelitian

2.1. Perancangan Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Perancangan sistem meliputi tahapan input variabel, fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi yang ditanamkan pada mikrokontroler untuk mengendalikan sistem dan tahapan perancangan sistem mikrokontroler berupa perancangan hardware. Berdasarkan parameter yang telah didapatkan, pada perancangan sistem (Gambar 1) sebagai masukan sistem diterapkan blok sensor yang berisikan sensor TDS SEN0244 yang berfungsi sebagai sensor kepekatan nutrisi. Sensor TDS SEN0244 tersebut akan menjadi masukan yang pada mikrokontroler untuk memutuskan kondisi yang akan dioptimalkan berdasarkan usia masa tanam tanaman melalui aktuator-aktuator berupa pompa air dan pompa AB Mix + POC.

Masukan sistem kemudian diolah di mikrokontroler menggunakan model pengambilan keputusan Fuzzy Sugeno. Pada tahap ini data masukan diubah bentuknya menjadi nilai fuzzy melalui proses fuzzifikasi, kemudian berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditetapkan diambil keputusan sebagai luaran sistem. Luaran dari keputusan diubah kembali bentuknya menjadi nilai crisp melalui proses defuzzifikasi. Luaran ini kemudian yang berkorelasi dengan aksi yang dilakukan oleh sistem untuk mengendalikan aktuator pompa air dan pompa nutrisi AB Mix + POC.

2.2. Implementasi Metode Fuzzy Sugeno

Metode *Fuzzy Sugeno* diterapkan sebagai pengendalian nutrisi. Arsitektur dari metode *Fuzzy Sugeno* terdiri dari masukan, proses, dan luaran. Tahap masukan sistem ini berupa data kepekatan dengan nilai PPM sebagai acuan. Tahap proses terdiri dari proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi.

Fuzzy metode sugeno merupakan metode inferensi fuzzy untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk IF – THEN, dimana output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Model Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan Singleton yaitu fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai crisp tunggal dan 0 pada nilai crisp yang lain. Proses pengambilan kesimpulan atau keputusan dengan menggunakan Metode *Fuzzy Sugeno* dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan defuzzifikasi [7][8].

Nutrient Film Technique yang disingkat NFT, model pengaliran nutrisi pada budidaya tanaman secara hidroponik dengan meletakkan akar tanaman pada aliran air dangkal/tipis (2-3 mm) seperti rol film. Sistem NFT ini hanya menggunakan aliran air bernutrisi sebagai media. Tanaman dipelihara dalam semacam talang, selokan atau saluran panjang yang sempit dan terbuat dari plastik atau lempengan logam tipis tahan karat. Talang atau selokan tersebut dialiri larutan nutrisi secara terus menerus sehingga pada akar tanaman secara perlahan akan terbentuk semacam film (lapisan tipis) larutan nutrisi/hara sebagai makanan tanaman [1].

a. Fungsi Keanggotaan dan Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah tahap pemetaan nilai crisp (numerik) ke dalam himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaannya. Nilai yang digunakan merupakan hasil dari data tingkat kepekatan nutrisi berdasarkan masa tumbuh tanaman.

b. Rule Base Nutrisi

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman dengan memanfaatkan air sebagai media tumbuhnya, dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman hidroponik. Campuran kandungan unsur hara yang terlarut pada nutrisi memiliki perbandingan AB mix 75% + POC (Pupuk Organik Cair) 25%. Namun,

permasalahan yang dihadapi oleh petani hidroponik saat ini adalah mengatur nilai kepekatan berdasarkan usia tumbuh tanaman pada komposisi nutrisi minggu ke 1 dan minggu ke 2 selada hidroponik diberikan dosis nutrisi AB mix + POC (Pupuk Organik Cair) dengan kepekatan 550 - 600 PPM (*Part Per Million*). Pada minggu ke 3 sampai minggu ke 4 selada hidroponik diberikan dosis nutrisi AB mix + POC (Pupuk Organik Cair) dengan kepekatan 800 - 850 PPM (*Part Per Million*). Kandungan unsur hara yang terlarut dengan komposisi yang tepat dalam hidroponik berperan penting dalam memaksimalkan pertumbuhan tanaman terutama pada jumlah daun, lebar dan panjang [9].

Aturan-aturan yang akan ada pada sistem berjumlah 3 aturan yang disimbolkan sebagai **R1-R3**, antara lain

- [R1] Jika nutrisi **Rendah** maka pompa nutrisi (H) hidup dan pompa air (M) mati
- [R2] Jika nutrisi **Normal** maka pompa nutrisi (M) mati dan pompa air (M) mati
- [R3] Jika nutrisi **Tinggi** maka pompa nutrisi (M) mati dan pompa air (H) hidup

c. Inferensi Fuzzy

Menentukan nilai α dan z untuk masing-masing aturan dengan mengambil fungsi minimum pada setiap aturan karena operasi himpunan yang digunakan adalah AND seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Inferensi Fuzzy

| NO | Variabel | Keterangan |
|----|----------------------|--------------------------------------|
| 1 | $\mu_{NRendahA1}(y)$ | Nilai keanggotaan himpunan rendah A1 |
| 2 | $\mu_{NNormalA1}(y)$ | Nilai keanggotaan himpunan normal A1 |
| 3 | $\mu_{NTinggiA1}(y)$ | Nilai keanggotaan himpunan tinggi A1 |
| 4 | $\mu_{NRendahA2}(y)$ | Nilai keanggotaan himpunan rendah A2 |
| 5 | $\mu_{NNormalA2}(y)$ | Nilai keanggotaan himpunan normal A2 |
| 6 | $\mu_{NTinggiA2}(y)$ | Nilai keanggotaan himpunan tinggi A2 |
| 7 | α_1 | Fungsi keanggotaan fuzzy [R1] |
| 8 | α_2 | Fungsi keanggotaan fuzzy [R2] |
| 9 | α_3 | Fungsi keanggotaan fuzzy [R3] |
| 10 | z_1 | Nilai z dari aturan fuzzy [R1] |
| 11 | z_2 | Nilai z dari aturan fuzzy [R2] |
| 12 | z_3 | Nilai z dari aturan fuzzy [R3] |
| 13 | Z^* | Nilai inferensi |
| 14 | z | Durasi pompa |

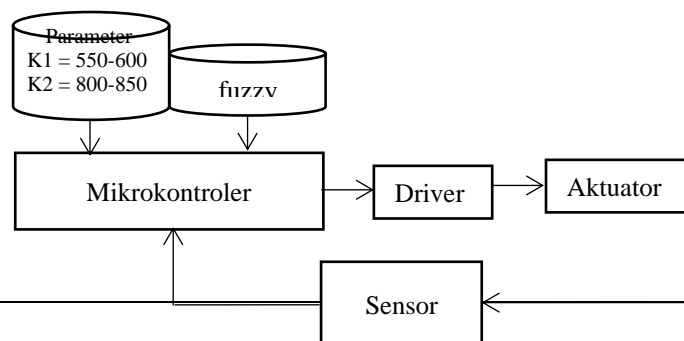
d. Defuzzyfikasi Nutrisi

Proses defuzzyfikasi metode weight average dilakukan untuk menentukan nilai luaran. Berdasarkan variabel-variabel hasil inferensi yang digunakan dalam penelitian ini maka diselesaikan seperti Persamaan 1/

$$Z = \frac{(\alpha_1 * z_1) + (\alpha_2 * z_2) + (\alpha_3 * z_3)}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} \dots \dots \dots (1)$$

3. Gambaran Sistem

Mikrokontroler akan membaca masukan dari parameter dan memproses berdasarkan kondisi dari tanaman dengan menggunakan aturan fuzzy. Hasil masukan yang telah di proses akan menjadi acuan untuk mikrokontroler menggerakkan aktuator melalui driver. Driver yang terpasang menggerakkan aktuator yang akan mengatur kepekatan dan keseimbangan campuran nutrisi AB Mix + POC. Hasil nutrisi yang telah di optimalkan akan membentuk sebuah nilai PPM baru dan sensor akan mengirimkan kembali nilai tersebut pada mikrokontroler untuk melakukan proses looping.



Gambar 2. Gambaran Sistem

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Membuat Alat Pengatur Nutrisi Hidroponik Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler

Alat yang akan digunakan sebagai kontrol nutrisi hidroponik secara otomatis, = hal yang harus dilakukan agar data kepekatan nutrisi bisa didapatkan secara otomatis dan dapat disimpan oleh arduino. Data kepekatan nutrisi nantinya akan menjadi data yang terotomatisasi oleh arduino untuk memonitoring tanaman hidroponik. Cara yang dilakukan dengan Menghubungkan Arduino dan Sensor serta melakukan Kalibrasi Sensor mengetahui tingkat akurasi sensor dalam membaca nilai PPM dan penentuan nilai set point yang akan dimasukkan kedalam program arduino.

4.2. Implementasi Metode Fuzzy pada Sensor TDS

Proses pertama dalam menerapkan metode fuzzy adalah fuzzyfikasi. Data masukan yang digunakan untuk proses ini diambil dari sensor TDS. Membuat fungsi void fuzzyfikasiA1() berisi kode program untuk melakukan proses fuzzyfikasi dengan menggunakan metode sugeno pada kondisi pertama atau minggu ke 1-2, dan fungsi void fuzzyfikasiA2() pada kondisi kedua atau minggu ke 3-4 Proses ini dilakukan untuk menghitung nilai keluaran fuzzy. Fungsi ini nantinya berisi perintah proses perhitungan beberapa kondisi pada nutrisi. Proses defuzzyfikasi dikerjakan pada fungsi ini setelah proses fuzzyfikasi. Perhitungan pada defuzzyfikasi mengambil nilai dari fuzzyfikasi. Proses defuzzyfikasi menghitung nilai output yaitu durasi waktu yang diperlukan. Selanjutnya adalah proses Kalibrasi Sensor TDS yaitu membandingkan alat pembaca TDS yaitu TDS meter. Berikut data dan hasil pengujian dengan pengujian 5 sampel larutan dengan nilai PPM yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kalibrasi TDS Sensor

| No | Jenis Cairan | Sensor TDS | TDS meter | Error (%) |
|---------------------|--------------|------------|-----------|-----------|
| 1 | Larutan 1 | 242 | 247 | 2,02 |
| 2 | Larutan 2 | 367 | 384 | 4,42 |
| 3 | Larutan 3 | 532 | 545 | 2,38 |
| 4 | Larutan 4 | 602 | 652 | 7,66 |
| 5 | Larutan 5 | 866 | 937 | 7,57 |
| Rata-rata Error (%) | | | | 4,81% |

4.3. Hasil dan Pembahasan Relay

Program yang tertanam pada mikrokontroler akan melakukan perintah pada relay untuk melakukan fungsi yang telah ditentukan perintah yang digunakan pada relay menggunakan jeda waktu sehingga akan menyala apabila dalam kondisi yang sudah ditentukan pada mikrokontroler. Jeda waktu yang diberikan pada program adalah luaran yang dihasilkan oleh proses *fuzzy* untuk mengatur lama pompa dalam mendistribusikan larutan nutrisi. Pengujian relay dilakukan untuk mengetahui apakah relay merespon perintah yang diberikan oleh mikrokontroler ataukah tidak.

4.4. Hasil dan Pembahasan RTC

RTC pada penelitian ini digunakan sebagai penyimpan waktu dan tanggal dalam pemberian nutrisi pada tanaman selada hidroponik. RTC pada mikrokontroler mengatur nilai luaran nutrisi pada setiap kondisi. Program yang tertanam pada mikrokontroler akan melakukan perintah pada RTC untuk menentukan waktu pemberian nutrisi sesuai pada kondisi yang telah ditentukan pada kondisi ke 1 dan kondisi ke 2. RTC pada kondisi ke 1 (masa tanam minggu ke 1-2) mengatur waktu pemberian nutrisi berdasarkan nilai kepekatan yang telah ditanamkan pada mikrokontroler, pada kondisi ke 2 (masa tanam minggu 3-4) secara otomatis RTC akan merubah nilai kepekatan nutrisi berdasarkan waktu yang telah ditetapkan pada mikrokontroler.

4.5. Hasil dan Pembahasan LCD

LCD pada penelitian ini digunakan untuk memonitoring kadar kepekatan air pada bak penampungan air. Monitoring yang dilakukan pada LCD ini menampilkan perubahan nilai kadar kepekatan air secara langsung yang akan ditampilkan pada LCD, sehingga pemilik dapat melihat nilai kadar kepekatan air setiap saat dan

secara langsung. Hasil nilai yang tampil pada layar LCD dapat dilihat pada Gambar 3. Baris pertama menampilkan tanggal, baris kedua menampilkan jam, baris ketiga menampilkan nilai kepekatan, dan baris keempat menampilkan kondisi pompa.

Tabel 3. Pengujian Relay

| No | Pengujian | Nilai Sensor PPM | Aksi Aktuator | Nilai Sensor Hasil Kendali | Durasi | Keterangan |
|----|-----------|------------------|---|----------------------------|------------------|---------------------------------------|
| 1 | Sampel 1 | 257 PPM | Pompa Air = Mati Pompa Nutrisi = Hidup | 550 PPM | 9 menit 20 detik | Sesuai, dapat berkerja sesuai kondisi |
| 2 | Sampel 2 | 584 PPM | Pompa Air = Mati Pompa Nutrisi = Mati | 550 PPM | 0 menit 0 detik | Sesuai, dapat berkerja sesuai kondisi |
| 3 | Sampel 3 | 678 PPM | Pompa Air = Hidup Pompa Nutrisi = Mati | 600 PPM | 37 detik | Sesuai, dapat berkerja sesuai kondisi |

Tabel 4. Error Pengujian Relay Terhadap Nilai Referensi

| No | PPM Awal | PPM Hasil Kendali | PPM Optimal Referensi | %Error Kendali |
|----|----------|-------------------|-----------------------|----------------|
| 1 | 257 PPM | 550 PPM | 560 PPM | 1,78% |
| 2 | 584 PPM | 550 PPM | 560 PPM | 1,78% |
| 3 | 678 PPM | 600 PPM | 560 PPM | 7,14% |



Gambar 3. Hasil LCD

4.6. Hasil Pengujian

Pengujian perangkat ini dilakukan untuk mengetahui hasil pembacaan sensor pada bak penampungan oleh sensor kepekatan yang akan membuat larutan nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman dalam tiap kondisi. Pengujian yang dilakukan, menggunakan simulasi tanaman selada yang berumur 1 minggu dan 3 minggu untuk mewakili masing-masing kondisi tanaman dan bekerja selama 2 hari tiap kondisi dengan pencatatan 4 durasi waktu yaitu pagi pada pukul 07.00, siang pada pukul 11.00, sore pada pukul 15.00, dan malam hari pada pukul 19.00.

Hasil data pada Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan, pada pengujian tersebut didapatkan nilai PPM yang sesuai berdasarkan perintah dari mikrokontroler menggunakan metode *fuzzy*, dimana larutan nutrisi pada masing-masing kondisi tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan yaitu 550-600 PPM pada kondisi ke 1 dan 800-850 PPM pada kondisi ke 2. Sistem dapat mengontrol luaran nutrisi berdasarkan kondisi masa tanam tanaman selada pada hidroponik dengan waktu pengambilan data interval 4 jam. Hasil pengujian pada Tabel 5, data pada pengujian ini disimpan pada database MySQL dan akan merekam data pada setiap harinya. Hasil penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 5. Hasil Pengujian Perangkat

| Monitoring Nutrisi | | | catatan |
|--------------------------------|--------|---------------------|-----------|
| Skripsi Kurniawan Dwi Yulianto | | | |
| | No Rec | Tanggal dan Waktu | Nilai ppm |
| Kondisi 1 | 1 | 2021-12-25 06:59:56 | 562.32 |
| | 2 | 2021-12-25 07:00:06 | 562.32 |
| | 3 | 2021-12-25 07:00:12 | 562.32 |
| | 4 | 2021-12-25 07:00:22 | 562.32 |
| | 5 | 2021-12-25 07:00:28 | 562.47 |
| Kondisi 2 | 6 | 2021-12-25 07:00:33 | 562.47 |
| | 7 | 2021-12-25 07:00:38 | 562.47 |
| | 8 | 2021-12-25 07:00:43 | 562.33 |
| | 9 | 2021-12-25 07:00:48 | 562.33 |
| | 10 | 2021-12-25 07:00:53 | 562.57 |
| | 11 | 2021-12-25 07:00:58 | 562.57 |
| | 12 | 2021-12-25 07:01:03 | 562.57 |
| | 13 | 2021-12-25 07:01:09 | 562.36 |
| | 14 | 2021-12-25 07:01:14 | 562.36 |
| | 15 | 2021-12-25 07:01:19 | 562.33 |

Gambar 4. Penyimpanan MySQL

5. Kesimpulan

Sistem kontrol kepekatan nutrisi otomatis pada tanaman selada hidroponik NFT berhasil dibangun dengan menerapkan metode *fuzzy* yang sebagai penentu luaran. Sistem dapat bekerja dengan cukup baik dengan membaca masukan dari sensor TDS untuk kemudian diproses pada mikrokontroler dan menghasilkan luaran untuk mengendalikan nutrisi melalui aktuator yang ada. Pada kondisi ke-1 sistem dapat mengontrol nutrisi untuk tetap berada pada rentang nilai 550-600 PPM. Demikian juga pada kondisi ke-2, sistem dapat mengontrol nutrisi untuk tetap berada pada rentang nilai 800-850 PPM. Sehingga sistem control kepekatan nutrisi otomatis berhasil diterapkan dalam menangani permasalahan yang ada.

Berdasarkan hasil pengujian, penelitian ini dapat dilihat bahwa keberhasilan kerja sistem dapat bekerja dengan cukup baik dalam mendeteksi nilai kepekatan nutrisi pada bak penampungan serta dapat mengontrol pompa nutrisi dan pompa air pada kondisi nutrisi rendah, normal, dan tinggi. Sensor yang digunakan juga dapat bekerja dengan baik, dimana sensor TDS memiliki nilai *error* 4,81% dan kemudian dilakukan kalibrasi sehingga mendapatkan persamaan untuk nilai TDS.

Daftar Pustaka

- [1] Nainggolan, F. T. & Ginting, M. 2014. Rancangan Sistem Irigasi Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) Pada Budidaya Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*). Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan.
- [2] Zahrima., Sutariati, G. A. K., & Rakian, T. C. 2019. Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*) yang Dibudidayakan Secara Hidroponik pada Berbagai Campuran Pupuk Organik Plus Cair dan Anorganik AB Mix. Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo Kendari.
- [3] Turesna, G., Zulkarnain. & Hermawan. 2015 Pengendali Intensitas Lampu Ruang Berbasis Arduino UNO Menggunakan Metode Fuzzy Logic, *Jurnal Otomasi, Kontrol dan Instrumentasi, Vol. 7 No. 2.*
- [4] Pranata, T., Beni, I. & Ilhamsyah. 2015. Penerapan Logika Fuzzy Pada Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan. Vol.03, No.2.*
- [5] Saputra, I., Triyanto, D., & Ruslianto, I. 2015. Sistem Kendali Suhu, Kelembaban dan Level Air Pada Pertanian Pola Hidroponik. Jurusan sistem komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan, vol.03, No.1, hal 1-10, ISSN:2338-493x.*
- [6] Pancawati, Dian., & Yulianto, A., 2016. Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk mengatur PH Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Universitas Internasional Batam, Vol:5, No,2, ISSN 2302-2949.
- [7] Kusumadewi, S., dan Purnomo, H. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Sutojo, T., M, Edy, dan V, Suhartono. 2011. Kecerdasan Buatan. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- [9] Zahrima., Sutariati, G. A. K., & Rakian, T. C. 2019. Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*) yang Dibudidayakan Secara Hidroponik pada Berbagai Campuran Pupuk Organik Plus Cair dan Anorganik AB Mix. Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo Kendari