

**Sistem Kontrol pH dan Nutrisi Otomatis pada Tanaman Hidroponik Bayam Berbasis fuzzy logic**

**Kukuh Setyohadi<sup>1\*</sup>, Ibrahim<sup>2</sup>, Reni Rahmadewi<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Universitas Singaperbangsa Karawang

\*email: kukuh1007@gmail.com

**Info Artikel**

Sejarah Artikel:

Diterima: 17 Desember 2020

Direvisi: 29 Desember 2020

Dipublikasikan: Januari 2021

e-ISSN: 2089-5364

p-ISSN: 2622-8327

DOI: 10.5281/zenodo.4542605

**Abstract:**

*The hydroponic method is one way of cultivating plants without using soil. In this method the plants are hung in the pipe gap and air is flowed, in the planting process, accuracy is needed in treating the air conditions used to circulate the plants, because the health of the plants depends on air conditions, things that must be improved in hydroponic planting include water pH. and nutrition. This study aims to help the pH and nutrient conditions in hydroponic plants automatically by applying a fuzzy logic-based control system so that pH and nutrient conditions are always well maintained. The sensors used in this study are pH sensors, TDS sensors (Total Dissolve Solid), ultrasonic sensors. The results of the research conducted show that the system design can work with an average proportion of errors in the pH control of 0.039% and in the nutrition control of 0.017% with a system accuracy of 99.94%*

**Keywords:** fuzzy logic, hydroponics, control system, pH, TDS

**PENDAHULUAN**

*Urban farming* atau yang sering disebut dengan pertanian perkotaan sudah sangat populer di kota-kota besar di Indonesia bahkan di dunia. Sistem budaya hidroponik sangat cocok untuk diterapkan pada perkotaan yang mengalami keterbatasan lahan. Hidroponik adalah salah satu cara menanam tanaman dalam skala besar tanpa memerlukan lahan yang luas dan sangat

cocok untuk dibudidayakan didaerah perkotaan (Ibadarrohman, et al. 2018). Hidroponik merupakan metode untuk menanam tanaman dengan menggunakan media aliran air. Sistem hidroponik tidak memerlukan pestisida beracun sehingga lebih raman terhadap lingkungan dan tanaman yang dihasilkan jauh akan lebih sehat. Salah satu metode hidroponik yang sering digunakan adalah *Deep Flow Technique* (DFT). Hidroponik sistem DFT

merupakan metode kultur menggunakan aliran sebagai media dan persediaan nutrisi. Sedangkan media tanam yang digunakan pada sistem hidroponik DFT yaitu *rockwool*. *Rockwool* yaitu media anorganik dengan komponen media yang berguna untuk menyerap dan meneruskan air, sehingga mempunyai kapasitas air tinggi yang memungkinkan untuk menyimpan air nutrisi pada sistem hidroponik yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh.

Sistem penanaman hidroponik, sering kali mengalami beberapa hambatan dalam pemeliharaannya, seperti pemberian nutrisi yang masih dilakukan dengan cara manual sehingga membutuhkan ketelitian agar tanaman mendapat takaran nutrisi yang sesuai. Menurut penelitian (Pancawati dan Yulianto, 2016) menerangkan bahwa kadar pH dan nutrisi hidroponik dapat berpengaruh pada daya serap unsur hara ke akar tanaman hidroponik, adapun dampak jika PH nutrisi hidroponik tidak stabil yang akan mengakibatkan tumbuhnya jamur dan mengakibatkan akar membusuk. Maka dari itu dibutuhkan sistem yang dapat mengatur pH dan nutrisi tanaman dengan baik. Dengan mengimplementasikan sistem kontrol memungkinkan untuk mengatasi permasalahan serta hambatan yang ada agar pemeliharaan dapat dilakukan dengan lebih mudah.

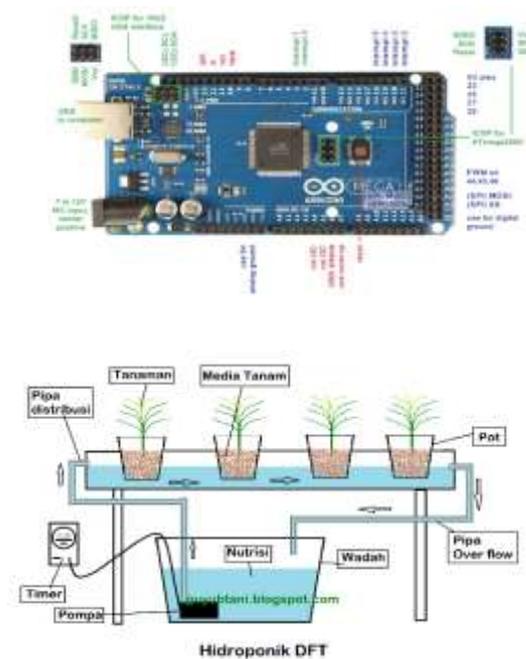
Berdasarkan latar belakang di atas, penulis mengambil penelitian untuk membuat sistem kontrol pH dan Nutrisi otomatis pada tanaman hidroponik. Penulis membuat rancang bangun untuk mendeteksi kondisi kadar pH air nutrisi, dan mendeteksi pasokan air pada tangki. Oleh karena itu, penulis mengangkat penelitian dengan judul “Sistem Kontrol pH dan Nutrisi Otomatis pada Tanaman Hidroponik Bayam Berbasis *fuzzy logic*”.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sistem Hidroponik

Sistem hidroponik adalah salah satu teknik budidaya tanaman tanpa

menggunakan media tanah. Beberapa model dasar hidroponik yang biasa dikembangkan di Indonesia yaitu : Pasang surut (*Ebb and Flow*), Irigasi tetes (*Drips Sistem*), NFT (*Nutrient Film Technique*), DFT (*Deep Flow Technique*), Rakit apung (*Floating*) dan Kultur udara/kabut (*Aeroponic*) (Putra, 2018). Pada penelitian ini penulis menggunakan hidroponik DFT karena termasuk salah satu sistem yang paling banyak digunakan. Hidroponik DFT merupakan sistem pengairan dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan air dengan kedalaman sekitar 2-3 cm. Keunggulan sistem hidroponik DFT ini adalah tanaman tidak akan kering atau layu karena nutrisi selalu tersedia dalam jumlah yang cukup didalam pipa dan tidak membutuhkan aliran listrik selama 24 jam.



**Gambar 1.** Sistem Hidroponik DFT (Najib, 2016)

Tabel 1. merupakan beberapa tanaman hidroponik dengan kebutuhan kadar pH dan PPM nutrisi selama masa penanaman.

**Tabel 1.** Tabel Pemberian pH hidroponik (Bayu WN, 2016)

Jenis Sayuran	PPM	pH
Bayam	1260-1610	6.0-7.0
Brokoli	1960-2450	6.0-6.8
Kangkung	1050-1400	5.5-6.5
Pakuoy	1050-1400	7.0
Sawi Manis	1050-1400	5.5-6.5
Sawi Pahit	840-1680	6.0-6.5
Seledri	1260-1680	6.5
Selada	580-840	6.0-7.0

### Arduino Mega

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah Board Arduino yang menggunakan ic Mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16. Mhz Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC.

**Gambar 2.** Arduino Mega (Labelektronika, 2017)

**Tabel 2.** Tabel spesifikasi Arduino Mega (Labelektronika, 2017)

Keterangan	Nilai
Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan Input (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (of which 15 provide PWM output)
Pin Analog Input	16
Aris DC per Pin I/O	20 mA
Aris DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	101.52 mm
Lebar	53.3 mm
Berat	37 g

### Sensor-Sensor

#### Sensor pH Air

PH singkatan *power of hydrogen*, yang merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam tubuh. Prinsip kerja dari alat ini yaitu semakin banyak elektron pada sampel maka akan semakin bernilai asam begitu pun

sebaliknya, karena batang pada pH meter berisi larutan elektrolit lemah. Total skala pH berkisar dari 1 sampai 14, dengan 7 dianggap netral. Sebuah pH kurang dari 7 dikatakan asam dan larutan dengan pH lebih dari 7 dasar atau alkali. Alat ini ada yang digital dan juga analog. pH meter banyak digunakan dalam analisis. Probe pH mengukur pH seperti aktifitas ion-ion hidrogen yang mengelilingi bohlam kaca berdinging tipis pada ujungnya. Untuk pengukuran yang sangat presisi dan tepat, pH meter harus dikalibrasi setiap sebelum dan sesudah melakukan pengukuran (Sitorus, 2017).



**Gambar 3.** Sensor pH Air

**Tabel 1.** Tabel spesifikasi sensor pH air

Spesifikasi	Keterangan
Module Power	5V
Module Size	40mmx32mm
Measuring Range	0-14.0 pH
Measuring Temperature	0-60°C
Accuracy	± 0.1 pH(25°C)
Power indicator	LED
Response Time	< 1 min

#### TDS Sensor (*Total Dissolve Solid*)

Modul sensor ini merupakan sensor kompatibel Arduino yang digunakan untuk mengukur kadar TDS (*Total Dissolve Solid*) pada air. TDS sendiri merupakan kadar konsentrasi objek solid yang terlarut dalam air. Semakin tinggi nilai TDS nya maka semakin keruh airnya, begitupun sebaliknya. Semakin rendah nilai TDS nya maka semakin jernih pula air tersebut. Sensor ini mendukung input tegangan antara 3.3 - 5V, serta output tegangan analog yang dihasilkan berkisar pada 0 - 2.3V.



Gambar 4. TDS Sensor

Tabel 4. Tabel spesifikasi TDS sensor

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage	3.3 – 5.5V
Output Voltage	0 – 2.3V
Workflow	3 – 6mA
TDS measurement	0 – 1000ppm
Accuracy	± 10% FS (25 ° C)
Dimensions Module	42 x 32 mm
Display Probe	83 cm
Output type	Voltage Analog

### Sensor Ultrasonic HC-SR04

Sensor jarak HC-SR04 adalah Sensor Ultrasonik yang memiliki dua elemen, yaitu elemen Pendeteksi gelombang ultrasonik, dan juga sekaligus elemen Pembangkit gelombang ultrasonik. Sensor Ultrasonik adalah sensor yang dapat mendeteksi gelombang ultrasonik, yaitu gelombang suara yang memiliki frekuensi ultrasonik atau frekuensi di atas kisaran frekuensi pendengaran manusia (DEPOK INSTRUMENTS, 2016). Pada Tugas Akhir ini sensor jarak HC-SR04 berfungsi sebagai pendeteksi ketinggian air nutrisi pada bak *reservoir*.



Gambar 5. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Adapun fungsi pin-pin sensor ultrasonic HC-SR04

- VCC : 5V Power Supply
- Trig : Trigger/ penyulut
- Echo : Receiver/ indicator
- GND : Ground

Tabel 5. Tabel spesifikasi sensor Ultrasonic HC-SR04

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan sumber	5 V
Arus	15 mA
Frekuensi	40 KHz
Min Jarak	2 cm
Max Jarak	4 m
Sudut pantul gelombang	15 °
Dimensi	45x20x15 mm

### Arduino IDE

IDE itu merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Arduino menggunakan Bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Arduino IDE dibuat dari Bahasa pemrograman *JAVA*. Arduino IDE juga dilengkapi dengan *library C/C++* yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari *software Processing* yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino (SinauArduino, 2016).

### Fuzzy logic

Data yang didapatkan dari input (sensor) akan digunakan untuk mendapatkan set point kadar pH air nutrisi tanaman hidroponik. Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi dan tahapan-tahapan untuk memproses data dari sensor.

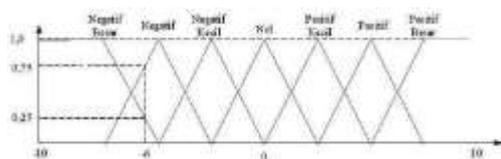
*Fuzzy logic* adalah salah satu cabang ilmu komputer yang mempelajari tentang nilai kebenaran bernilai banyak. Berbeda dengan logika klasik yang hanya memiliki nilai 0 (salah) dan 1 (benar). *Fuzzy logic* memiliki nilai real dalam rentang nilai 0 – 1. Profesor Lotfi A. Zadeh adalah guru besar pada *University of California* yang merupakan pencetus sekaligus yang memasarkan ide tentang cara mekanisme pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal dengan *Fuzzy logic*. Dalam penyajiannya variabel-variabel yang akan

digunakan harus cukup menggambarkan ke-*fuzzy*-an tetapi di lain pihak persamaan-persamaan yang dihasilkan dari variable-variabel itu haruslah cukup sederhana sehingga komputasinya menjadi cukup mudah. Karena itu Profesor Lotfi A Zadeh kemudian memperoleh ide untuk menyajikannya dengan menentukan “derajat keanggotaan” (membership function) dari masing-masing variabelnya (Sudradjat, 2008). Gambar 2.27 ini menunjukkan struktur dasar pengendalian *fuzzy logic* (Rachman, 2014)



Gambar 6. Logic (Rahman, 2014)

Kendali *Fuzzy logic* dilakukan dalam tiga tahap, yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan, dan defuzzifikasi. Komponen fuzzifikasi berfungsi untuk memetakan masukan data tegas ke dalam himpunan fuzzy menjadi nilai fuzzy dari beberapa variabel linguistic masukan. gambar 7 ini menunjukkan proses fuzzifikasi.



Gambar 7. Proses Fuzzifikasi

Proses evaluasi aturan tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.

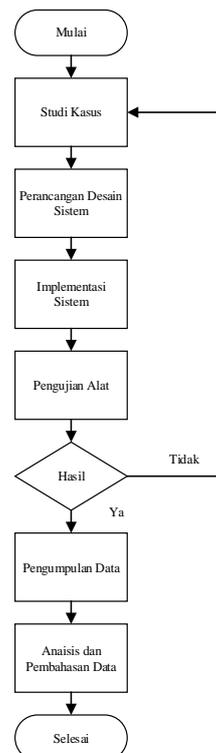
Input dari proses Defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output.

## METODE PENELITIAN

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa prosedur dalam pelaksanaannya, yaitu dengan metode deskriptif dan evaluatif. Metode deskriptif digunakan untuk mengumpulkan data mengenai kondisi yang ada atau studi kasus. Studi kasus merupakan sebuah metode yang mengacu pada penelitian yang mempunyai unsur *how* dan *why* pada pertanyaan utama penelitiannya dan meneliti masalah-masalah kontemporer. Metode evaluatif digunakan untuk mengevaluasi proses uji coba pengembangan suatu produk. Tahap pertama pada penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan bahan- bahan atau data yang dijadikan sebagai bahan acuan dalam pembuatan suatu produk.

Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan dalam pelaksanaannya, tahapan tersebut dijelaskan pada diagram alir pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Diagram Alir Metode Penelitian

### Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan suatu informasi yang

dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian. Metode dalam pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah observasi, metode pengambilan data observasi terbagi menjadi dua kategori, yaitu:

1. observasi partisipan (*participant observation*)

observasi partisipan dalam proses pengambilan data peneliti terlibat secara langsung dalam kegiatan yang berlangsung atau terlibat langsung dengan kegiatan yang sedang diamati.

2. observasi non partisipan (*non participant observation*)

observasi non partisipan ini berlawanan dengan observasi partisipan karena peneliti tidak terlibat langsung dengan kegiatan yang sedang diamati dan hanya menjadi pengamat.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan observasi partisipan karena peneliti terlibat langsung dalam perancangan dan pengimplementasian alat yang dibuat. Dengan mengamati fungsi kerja pada sistem kontrol hidroponik dan mencatat input yang terbaca dan output yang dihasilkan dari tiap solenoid valve dan pengaruhnya pada perubahan keadaan air dalam tangki penampung, maka akan terlihat apakah sistem yang dirancang sudah berhasil atau tidak saat digunakan.

### Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif yang dilakukan dengan membaca table, grafik atau angka yang didapat. Hal terkait untuk dianalisa yaitu:

1. Kesesuaian sistem control berbasis fuzzy logic untuk sistem hidroponik DFT
2. Kemampuan sistem dalam membaca input dan mengendalikan output.

### Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan mencatat hasil dari input yang masuk dari

masing masing sensor yang sudah terpasang dan kemudian mencatat dari respon dari output yang dihasilkan dan perubahannya pada kondisi air dalam tangka penampung.

### Perancangan Sistem

Perancangan sistem kontrol di lakukan dengan membuat permodelan yang kemudian akan di implementasikan pada sistem hidroponik DFT. Sebelum membuat permodelan dilakukan pembuatan digram alir dari sistem dan berikut adalah diagram alir keseluruhan sistem pada penelitian ini:



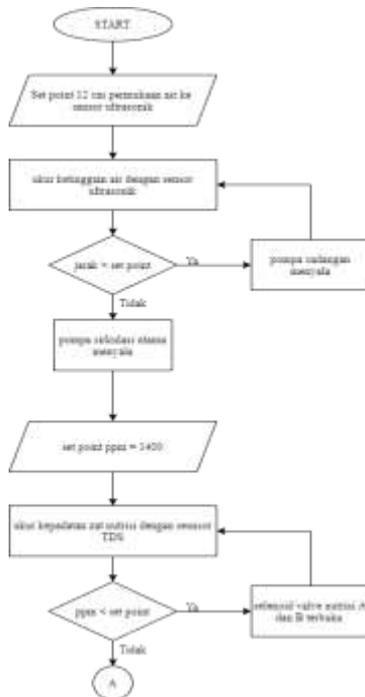
Gambar 9. Flowchart Perangkat Lunak

Setelah mengetahui gambaran dari sistem yang akan dibuat dilakukan permodelan pada aplikasi MATLAB dilakukan untuk mempermudah dalam merancang sistem yang akan digunakan nantinya. Langkah yang dilakukan untuk merancang sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* sebagai berikut:

1. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah suatu proses pengubahan masukan dari bentuk tegas (*crisp*)

menjadi bentuk fuzzy dan biasanya dikeluarkan dalam himpunan fuzzy. Penelitian ini di gunakan 6 variabel yaitu pH dan PPM nutrisi sebagai variable *input*. pH up, pH down, nutrisi A, dan nutrisi B sebagai *output*. Untuk grafik tiap himpunan dan blok diagram *fuzzy logic* dapat dilihat pada gambar dibawah.



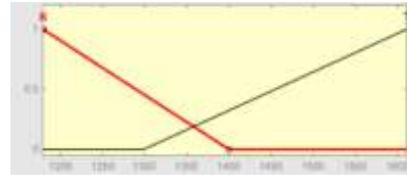
**Gambar 10** Grafik himpunan variable pH

Himpunan dari variable pH ini terbagi menjadi 3 macam yaitu R yang berarti rendah, S yang berarti sedang, dan T yang berarti tinggi. *Input* dari S adalah 1 – 6.5, kemudian *input* dari S adalah 6 – 7, dan *input* untuk T adalah 6.5 – 14. Fungsi keanggotaan dari variabel pH dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\mu_R \begin{cases} 1, x \leq 6 \\ \frac{6,5-x}{0,5}, 6 \leq x \leq 6,5 \\ 0, x \geq 6,5 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_S \begin{cases} 0, x \leq 6 \text{ atau } x \geq 7 \\ \frac{x-6}{0,5}, 6 \leq x \leq 6,5 \\ \frac{7-x}{0,5}, 6,5 \leq x \leq 7 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_T \begin{cases} 0, x \leq 6,5 \\ \frac{x-6,5}{0,5}, 6,5 \leq x \leq 7 \\ 1, x \geq 7 \end{cases} \quad (3.3)$$

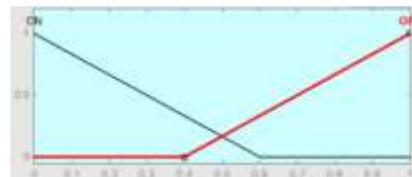


**Gambar 11.** grafik himpunan variable PPM Nutrisi

Himpunan dari variable PPM nutrisi ini terbagi menjadi 3 macam yaitu R yang berarti rendah, S yang berarti sedang, dan T yang berarti tinggi. *Input* dari S adalah 1180 – 1400, dan *input* untuk T adalah 1300 – 1610. Fungsi keanggotaan variabel PPM nutrisi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\mu_R \begin{cases} 1, x \leq 1180 \\ \frac{1400-x}{100}, 1180 \leq x \leq 1400 \\ 0, x \geq 1400 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_T \begin{cases} 0, x \leq 6,5 \\ \frac{x-1300}{100}, 1300 \leq x \leq 1610 \\ 1, x \geq 1610 \end{cases} \quad (3.5)$$



**Gambar 12.** grafik himpunan variable output

Himpunan dari variable *output* yaitu pH up, pH down, Nutrisi A, dan Nutrisi B ini masing-masing memiliki himpunan yang serupa dan terbagi menjadi 2 macam yaitu ON yang berarti solenoid valve terbuka dan OFF yang berarti solenoid valve tertutup. *output* dari ON adalah 0 – 0.6 dan *output* untuk OFF adalah 0.4 – 1. Himpunan tiap variable pada input adalah nilai yang akan menjadi batas kerja dari alat sehingga nutrisi dan kadar pH air dalam tangki penampung dapat selalu terjaga pada nilai yang seharusnya.

## 2. Implikasi

Implikasi adalah aturan yang diterapkan pada fuzzy logic untuk menjelaskan relasi variable *input* dan *output*, dimana variable proses dan keluarannya berbentuk fuzzy dengan menggunakan “*if-then*” untuk menjelaskan relasi antara *input* dan *output*.

## 3. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi adalah proses dimana variable proses dan keluarannya berbentuk fuzzy diubah menjadi data pasti (*crisp*) sehingga data ini dapat dikirimkan ke alat-alat kendali. Metode yang dipergunakan dalam proses defuzzifikasi ini adalah defuzzifikasi dengan Metode *Centroid* (titik pusat). Metode ini memperhatikan kondisi setiap daerah *fuzzynya*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat (Salman, 2010).

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Implementasi

Implementasi merupakan tahap yang dilakukan setelah dibuat perancangan sistem. Tujuannya adalah untuk mengkonfirmasi perancangan pada sistem sehingga pengguna dapat mengoperasikan sistem tersebut.

### Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan pada penelitian ini adalah untuk mengukur ketinggian air sirkulasi tanaman pada wadah penampung tanpa menyentuh permukaan air, dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Berikut penempatan posisi sensor ultrasonik HC-SR04 pada alat yang dibuat:



**Gambar 13.** Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

### Implementasi Sensor pH

Pada penelitian ini sensor pH (*Potential Hydrogen*) digunakan untuk mengukur tingkat keasaman pada air sirkulasi tanaman pada wadah penampung. Berikut penempatan posisi sensor pH pada alat yang dibuat:



**Gambar 14.** Implementasi Sensor pH

### Implementasi Sensor TDS

Sensor TDS (*Total Dissolve Solid*) digunakan pada penelitian ini adalah untuk mengukur kepadatan zat terlarut dalam satuan PPM (*Parts Per Million*) yang terdapat pada air sirkulasi tanaman pada wadah penampung. Berikut penempatan posisi sensor TDS pada alat yang dibuat:



**Gambar 15.** Implementasi Sensor TDS

## Pengujian

### Pengujian Sensor

### Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada pengujian sensor ultrasonik ini dilakukan dengan cara mengukur jarak yang terbaca pada sensor, sensor ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik lalu benda yang terdeteksi akan memantulkan gelombang tersebut lalu diterima menjadi pulsa echo yang nantinya akan dikonversi lagi menjadi data digital, lalu hasil pembacaannya dibandingkan dengan hasil pengukuran jarak manual dengan menggunakan penggaris atau meteran.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

No	Pengukuran		Selisih	Pulsa Echo	Persentase Kesalahan (%)
	Manual	Ultrasonik			
1	3 cm	3 cm	0 cm	197	0%
2	5 cm	5 cm	0 cm	306	0%
3	7 cm	7 cm	0 cm	421	0%
4	10 cm	10 cm	0 cm	603	0%
5	15 cm	15 cm	0 cm	920	0%
6	17 cm	17 cm	0 cm	1028	0%
7	20 cm	21 cm	1 cm	1251	0,05%
8	23 cm	24 cm	1 cm	1441	0,04%
9	25 cm	26 cm	1 cm	1564	0,04%
10	30 cm	31 cm	1 cm	1775	0,03%
Rata-rata		0,4 cm		950,6	0,016%

Dari hasil pembacaan sensor yang didapat, terdapat selisih pengukuran yang disebabkan oleh riak air dari keluaran sirkulasi air pada wadah penampung. Untuk perhitungan nilai persentase kesalahan menggunakan rumus:

$$\%Kesalahan = \left| \frac{\text{Nilai Eksperimen} - \text{Nilai Diterima}}{\text{Nilai Diterima}} \right| \times 100\%$$

$$\%Kesalahan = \left| \frac{31-30}{30} \right| \times 100$$

$$\%Kesalahan = 0.03\% \quad (4.1)$$

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki nilai rata – rata persentase kesalahan sebesar 0,016%, yang menunjukkan bahwa sensor ini cukup akurat dalam mengukur jarak ketinggian air pada wadah penampung air sirkulasi. Pada rumus diatas, nilai eksperimen adalah nilai yang terukur pada sensor, lalu nilai yang diterima adalah nilai yang terukur dengan alat ukur manual, pada pengujian ini menggunakan alat ukur mistar.

### Pengujian Sensor pH

Pada pengujian sensor pH (*Potential Hydrogen*) ini dilakukan dengan cara mengukur kadar keasaman dari air sirkulasi tanaman, lalu hasil pembacaannya dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan pH meter.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Sensor pH

No	Pengukuran		Nilai Analog	Selisih	Tegangan (V)	Persentase Kesalahan (%)
	pH Meter	Sensor pH				
1	5,9	6,01	196	0,11	3,50	0,01
2	5,9	6,04	193	0,14	3,50	0,02
3	5,9	6,04	191	0,14	3,49	0,02
4	6,3	6,29	179	-0,01	3,49	0,01
5	6,3	6,31	176	0,01	3,49	0,01
6	6,3	6,33	173	-0,03	3,48	0,4
7	7,3	7,01	149	0,29	3,48	0,03
8	7,3	7,10	141	0,20	3,46	0,02
9	7,3	7,22	133	0,08	3,43	0,01
10	7,3	7,41	121	-0,11	3,39	0,01
Rata-rata			165	0,08	3,47	0,05

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa sensor pH memiliki nilai rata – rata persentase kesalahan sebesar 0,05%, yang menunjukkan bahwa sensor ini cukup akurat dalam mengukur tingkat keasaman air pada air sirkulasi. Pada rumus diatas, nilai eksperimen adalah nilai yang terukur pada sensor, lalu nilai yang diterima adalah nilai yang terukur dengan alat ukur manual, pada pengujian ini menggunakan alat ukur pH meter.

### Pengujian Sensor TDS

Pada pengujian sensor TDS (*Total Dissolve Solid*) ini dilakukan dengan cara mengukur tingkat kepadatan zat terlarut pada air sirkulasi tanaman, lalu hasil pembacaannya dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan TDS meter.

**Tabel 8.** Pengujian Sensor TDS

No	Pengukuran		Selisih	Nilai Analog	Tegangan	Persentase Kesalahan (%)
	TDS Meter	Sensor TDS				
1	1130	1098	32	711	2,57	2,8
2	1130	1118	12	671	2,57	1,0
3	1130	1118	12	671	2,55	1,0
4	1333	1298	35	508	2,58	2,6
5	1333	1300	33	500	2,55	2,4
6	1333	1325	8	426	2,55	0,6
7	1430	1400	30	400	2,55	2,0
8	1430	1403	27	389	2,55	1,8
9	1430	1403	27	389	2,55	1,8
10	1430	1425	5	227	2,55	0,3
Rata-rata			22,1	489,2	2,557	1,63

Dari hasil pembacaan sensor yang didapat, terdapat selisih dan perhitungan persentase kesalahan dalam pengukuran manual dan menggunakan sensor.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa sensor TDS memiliki nilai rata – rata persentase kesalahan sebesar 1,63%, yang menunjukkan bahwa sensor ini cukup akurat dalam mengukur tingkat kepadatan zat terlarut dalam air pada air sirkulasi. Pada rumus

diatas, nilai eksperimen adalah nilai yang terukur pada sensor, lalu nilai yang diterima adalah nilai yang terukur dengan alat ukur manual, pada pengujian ini menggunakan alat ukur TDS meter.

## Pengujian Kontrol

### Pengujian Kontrol Pompa Cadangan

Pada pengujian pompa air AC ini dilakukan dengan cara mengukur debit air yang keluar pada saat pompa aktif. Pada penelitian ini digunakan dua buah pompa dengan fungsi berbeda, yaitu untuk sirkulasi air dan untuk pengisian air cadangan. Pada pengisian air cadangan, menggunakan hasil pembacaan tinggi air yang dilakukan oleh sensor ultrasonik dengan batasan jarak 12 cm maka pengisian air pada wadah penampung sirkulasi akan berhenti yang dikontrol melalui relay.

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Pompa Air Cadangan Dengan Kontrol Relay

No	Jarak Awal Permukaan Air Ke Sensor	Pompa Cadangan	Jarak akhir Permukaan Air Ke Sensor
1	25	Aktif	12
2	22	Aktif	11
3	18	Aktif	11
4	15	Aktif	12
5	12	Mati	12

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa saat kondisi awal jarak permukaan air ke sensor lebih dari 12 cm maka pompa cadangan akan aktif hingga mencapai jarak 12 cm. Pada kasus ini terjadi penyimpangan pembacaan sensor yang disebabkan riak air yang membuat permukaan air tidak tenang, maka dari itu pembacaan sensor menjadi 12 cm atau 11 cm.

### Pengujian Kontrol pH dan Nutrisi Tanaman

Pemberian nutrisi tanaman, pH up dan pH down nantinya akan dialirkan ke wadah penampung air sirkulasi mealui selang yang tehubung dengan solenoid valve. Proses kontrol pada solenoid valve menggunakan relay sebagai *switch* yang sebelumnya telah diprogram, solenoid akan aktif jika belum memenuhi set point yang sesuai dengan

program dan akan mati jika telah sesuai dengan program. Pada penelitian ini, digunakan tanaman bayam dengan nilai *range* pH berkisar 6,0 – 7,0 dan TDS (*Total Dissolve Solid*) berkisar 1260 – 1610. Set point yang digunakan pada penelitian ini yaitu untuk pH kisaran 6 sampai 7 dan untuk TDS sampai 1400 ppm, untuk TDS dicari nilai tengah karena agar air sirkulasi pada wadah penampung tidak kelebihan atau kekurangan PPM (*Parts Per Million*) dari kebutuhan TDS pada tanaman bayam.

**Tabel 10.** Pengujian Respon Solenoid Valve Pada pH

No	Nilai pH Awal	Solenoid		Nilai Set Point	Nilai pH akhir	% Kesalahan
		pH Up	pH Down			
1	2,15	Aktif	Tidak Aktif	6,5	6,22	0,04
2	2,23	Aktif	Tidak Aktif	6,5	6,33	0,02
3	2,63	Aktif	Tidak Aktif	6,5	6,24	0,04
4	3,33	Aktif	Tidak Aktif	6,5	6,76	0,04
5	4,65	Aktif	Tidak Aktif	6,5	6,96	0,07
6	9,33	Tidak Aktif	Aktif	6,5	6,98	0,07
7	8,78	Tidak Aktif	Aktif	6,5	6,73	0,03
8	8,21	Tidak Aktif	Aktif	6,5	6,83	0,05
9	7,65	Tidak Aktif	Aktif	6,5	6,66	0,02
10	7,33	Tidak Aktif	Aktif	6,5	6,43	0,01
Rata - rata					6,61	0,039

Tabel diatas merupakan hasil pengujian dari sistem kontrol pH air terhadap kondisi air pada penampung Hidroponik DFT, pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan 2 kondisi yaitu berada dibawah nilai set point dan berada di atas nilai set point. Dapat dilihat bahwa sistem bekerja dengan rata rata % kesalahan sebesar 0,039%. Angka tersebut membuktikan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam mengatur kondisi pH air dalam penampung.

**Tabel 11.** Pengujian Respon Solenoid Valve Pada TDS

No	Nilai TDS Awal	Solenoid		Nilai set point	Nilai TDS akhir	% kesalahan
		Nutrisi A	Nutrisi B			
1	143	Aktif	Aktif	1400	1403	0,002
2	197	Aktif	Aktif	1400	1414	0,01
3	236	Aktif	Aktif	1400	1423	0,016
4	288	Aktif	Aktif	1400	1433	0,023
5	356	Aktif	Aktif	1400	1446	0,032
6	534	Aktif	Aktif	1400	1452	0,037
7	1178	Aktif	Aktif	1400	1425	0,017
8	1277	Aktif	Aktif	1400	1431	0,022
9	1397	Aktif	Aktif	1400	1413	0,009
10	1401	Tidak Aktif	Tidak Aktif	1400	1401	0,0007
Rata - rata					1424,1	0,017

Berdasarkan percobaan yang dilakukan sebanyak sepuluh kali terhadap kontrol nutrisi dalam penampung, dapat dilihat bahwa sistem berhasil menjaga kondisi nutrisi dalam penampung dengan indikator nilai ppm bisa berada di atas set point. Dengan kesepuluh percobaan dapat ditarik rata-rata persentase kesalahan sistem adalah 0,017%, dengan persentase kesalahan sebesar itu berarti sistem telah bekerja dengan baik.

Dengan hasil percobaan tersebut dapat dihitung untuk % akurasi dari sistem dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \% \text{ Akurasi Sistem kontrol} \\ & = 100\% - \text{Rata-rata nilai persentase kesalahan} \\ & = 100\% - \frac{0,039+0,017}{2} \\ & = 100\% - 0,056\% \qquad (4.2) \\ & = 99,94\% \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Setelah dilakukannya penelitian tugas akhir ini, maka ada beberapa kesimpulan yang didapatkan, yaitu:

1. Perancangan sistem kontrol untuk sistem hidroponik DFT dapat berjalan dengan baik, perubahan kondisi air sudah sesuai dengan set point yang ditentukan dengan rata-rata persentase kesalahan pada kontrol pH sebesar 0,039% dan pada kontrol Nutrisi sebesar 0,017%.
2. Implementasi dari sistem kontrol berbasis *Fuzzy logic* ini telah berhasil dilaksanakan dengan baik, tingkat akurasi dari sistem sebesar 99,94%.

## Saran

Berdasarkan penelitian ini, maka peneliti memberikan saran untuk pengembangan selanjutnya :

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter lain kedalam sistem agar kerja sistem semakin maksimal dalam merawat tanaman hidroponik
2. Melakukan pemantuan secara berkala pada sensor pH dan TDS yang terendam air, untuk mencegah sensor *error* bahkan rusak.

3. Menggunakan sensor pH dan TDS yang memiliki nilai sensitivitas dan akurasi tinggi serta waktu penggunaan yang lama karena pada penerapannya sensor ini akan diposisikan terendam air pada wadah penampung air sirkulasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, Andi, Waris. Abdul, Sapsal. Muhammad Tahir. 2019. "Penerapan Sistem Fuzzy Logic pada Alat Ukur Kadar Nutrisi pada Sistem Hidroponik", Makassar, Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin, Hasanuddin, Febriany Nadya, 2016. "Aplikasi Metode Fuzzy Mamdani Dalam Penentuan Status Gizi Dan Kebutuhan Kalori Harian Balita Menggunakan Software Matlab", Bandung, Departemen Pendidikan FPMIPA UPI
- Hakim, Lukman. 2019. "Sistem Kontrol Berbasis Logika Fuzzy Pada Rumah Kaca Untuk Tanaman Sawi Menggunakan Energi Listrik Panel Surya", Jember, Teknik Elektro Universitas Jember
- Kementerian Pertanian. (2015). "Statistik Pertanian. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian."
- Mulyadi, Dedy. 2016. "Komparasi Metode Logika Fuzzy Mamdani dan Metode Logika Fuzzy Sugeno Sebagai Pendukung Keputusan Seleksi Bertahap"
- N Y Rahmat, H H I Mochammad, E S Gembong. 2019. "Implementasi Sistem Pemadam Kebakaran Pada Ruang Tertutup Berbasis Arduino Menggunakan Logika Fuzzy", Malang, Teknik Informatika Universitas Brawijaya
- Prasetya Budi, Setiawan Aries Boedi, Hidayatulail Basitha Febrinda. 2019.

“Fuzzy Mamdani Pada Tanaman Tomat Hidroponik”, Malang, Teknik Elektro Universitas Merdeka Malang

R W Akbar, Nasution Y N, Amijaya F D T. 2017.

“Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Mengoptimalkan Produksi Minyak Kelapa Sawit Di Pt. Waru Kaltim Plantation Menggunakan Metode Mamdani”, Samarinda, Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

Safrimawan, Arif dan Futra, Asrizal Deri. 2019.

“Sistem Kontrol Pemberian Nutrisi pada Budi Daya Tanaman Aeroponik Berbasis Fuzzy Logic”, Batam, Poloteknik Negeri Batam

Sotyohadi, Dewa W S, I K Somawirata. 2020.

“Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic”, Malang, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang