

## Otomasi Sistem Hidroponik Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Air Limbah (*Hydroponics System Automation Based on Fuzzy Logic Using Wastewater*)

Ahmad Iswanda<sup>1</sup>, Indera Sakti Nasution<sup>1</sup>, Devianti<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

\*Corresponding author: devianti@unsyiah.ac.id

**Abstrak.** Hidroponik adalah budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah dan air sebagai media tanam yang berisi larutan nutrisi. memanfaatkan sumber air IPAL sangat tepat menjadi bahan baku mutu air untuk hidroponik pengolahan air limbah. Saat ini ialah perlakuan hidroponik dilakukan pemantauan langsung kadar pH dan nutrisi. sistem pemantau kondisi hidroponik serta dapat dikontrol menggunakan mikrokontroler arduino uno, sensor Dfrobot pH, Dfrobot TDS, dan sensor DHT22 dan hidroponik mini DFT. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat sistem hidroponik bersumber air instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang menggunakan mikrokontroler berbasis logika fuzzy. Penelitian ini meliputi tahap (1) Perancangan sistem pengendalian hidroponik mini, (2) Perancangan Hardware, (3) Perancangan Software menggunakan arduino IDE dan library fuzzy logic, (4) Pengambilan sampel air IPAL, (5) Pengujian parameter sistem logika fuzzy dengan MATLAB dan kalibrasi sensor, (6) Pengamatan pertumbuhan tanam selada. Penelitian ini memperoleh hasil pemanfaatan air IPAL terbilang efektif dikarenakan tingkat unsur hara diperoleh EC 0,6 mS/cm dan perlu penambahan pupuk cair AB mix sebesar EC 0,6 mS/cm atau setara 420 ppm. Tingkat keberhasilan sistem logika fuzzy bekerja dengan baik karena dapat menjaga kestabilan sistem. Diperoleh nilai overshoot sebesar 2.296%-4,318% dan error 0,227%-0,606%.

**Kata kunci:** Hidroponik mini DFT, Arduino IDE, Logika Fuzzy, Air Limbah IPAL.

**Abstract.** *Hydroponics is land for agricultural cultivation without using soil, so it only needs water for plant growth. The cultivation technique uses water as a planting medium containing a nutrient solution. Utilizing IPAL water sources is very appropriate as raw material for water quality for hydroponics. The wastewater treatment plant (IPAL) is located in Panteriek Village, Lueng Bata District, Banda Aceh. The current problem is that hydroponic treatment can directly monitor pH and nutrient levels. a hydroponic condition monitoring system and can be controlled using an Arduino Uno microcontroller and sensors in the form of a Dfrobot pH sensor, Dfrobot TDS, and a DHT22 sensor and mini DFT hydroponics. The purpose of this research is to create a hydroponic system from wastewater treatment plants (IPAL) using a microcontroller based on fuzzy logic. This research includes the stages (1) designing a mini hydroponic control system, (2) designing hardware, (3) designing software using the Arduino IDE and fuzzy logic library, (4) taking IPAL water samples, (5) testing fuzzy logic system parameters with MATLAB and sensor calibration, (6) Observation of lettuce growth. This study found that the utilization of IPAL water was considered effective because the nutrient level was obtained EC 0.6 mS / cm and needed to add AB mix liquid fertilizer as large as EC 0.6 mS / cm or the equivalent of 420 ppm. The success rate of the fuzzy logic system works well because it can maintain system stability. Obtained an overshoot value of 2.296% -4.318% and an error of 0.227% -0.606%.*

**Keywords:** Hydroponics mini DFT, Arduino IDE, Fuzzy Logic, Wastewater IPAL

### PENDAHULUAN

Sektor pertanian ialah kegiatan yang sangat penting dalam pertumbuhan ekonomi masyarakat. Seiring perkembangan sektor pertanian dan bertambahnya populasi masyarakat menjadikan lahan untuk pertanian semakin terbatas. perlu adanya kegiatan baru untuk meningkatkan ketahanan pangan di kalangan masyarakat secara mandiri dan hasil pertanian lokal (putra, 2018). Salah satu teknologi yang dapat diaplikasikan di masyarakat perkotaan adalah teknologi hidroponik. Hidroponik layak dipertimbangkan, sebab bisa dilakukan pada teras tempat tinggal, lantai atas rumah, serta dinding perkarangan rumah. Memanfaatkan perkarangan rumah menjadi sektor lahan pertanian dapat merubah bagian dari gaya hidup (*life style*) warga setempat buat memenuhi kebutuhan sayuran rumah tangga (Kustiawan dan Ladimanda, 2016; Surtinah dan Nizar, 2017; Bahzar, 2018)

Hidroponik merupakan sector lahan pertanian tanpa menggunakan wadah tanah, hanya menggunakan saluran perairan untuk pertumbuhan tanaman. Metode budidaya dengan menggunakan air sebagai larutan nutrisi dapat mengubah kualitas produk pertanian ke tingkat

yang lebih tinggi. Olle dkk (2012) mencatat bahwa tanaman yang ditanam di bidang hidroponik lebih memperoleh hasil yang lebih tinggi daripada yang ditanam di tanah, oleh karena itu disebabkan pasokan nutrisi tanaman yang lebih tinggi. Air digunakan sebagai media utama dalam sistem hidroponik. Selain itu unsur hara yang diberikan harus mencakup unsur hara utuh yang diserap oleh tanaman.

Penggunaan sumber air dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sangat tepat sebagai bahan baku kualitas air pada hidroponik. Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terletak di Desa Panteriek, Kecamatan Lueng Bata, Banda Aceh. Limbah domestik mengandung unsur hara mikro-makro untuk pertumbuhan tanaman. Penggunaan sumber air untuk hidroponik hanya perlu penanganan lebih, perawatan dan pemantauan.

Hasil pengkajian Ibadarrohman (2018) menunjukkan bahwa sistem hidroponik saat ini masih mengontrol parameter secara manual dengan alat ukur. Parameter yang umumnya dikontrol adalah pH air, konsentrasi nutrisi, ketinggian air, suhu udara, dan kelembaban. Unsur hara makro seperti kalsium, magnesium dan fosfor akan sulit diserap tanaman, yang akan memperlambat pertumbuhan tanaman. Mikronutrien seperti tembaga, mangan, seng besi tidak dapat diserap oleh tanaman pada pH larutan nutrisi diatas 7,0 (basa), yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat. Setiap pertumbuhan tanaman yang ideal membutuhkan larutan pH netral yang berada di kisaran 6,0-7,0.

Tujuan penelitian ini untuk membuat sistem hidroponik dan memanfaatkan air limbah IPAL yang menggunakan mikrokontroler berbasis logika *fuzzy*. Pemanfaat penelitian ini mempermudah masyarakat umum dan petani ataupun pelaku industri pertanian hidroponik dengan menggunakan konsep kontroling secara otomatis dan memberikan gambaran kepada pemerintah Banda Aceh bahwa air IPAL di Desa Panteriek dapat dimanfaatkan untuk budidaya hidroponik.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan September sampai dengan Desember 2019 dan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Tanah dan Air, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan merancang sistem hidroponik ini adalah perlengkapan alat mesin membangun hidroponik mini, sensor pH meter, sensor TDS meter, sensor DHT22, mikrokontroler arduino uno, arduino IDE, *library fuzzy logic*, PLX-DAQ, MATLAB, dan set perkakas tangan. Bahan yang digunakan ialah sampel air IPAL di Desa Panteriek, *hydroton*, bibit selada siap tanam, cairan pH *up* dan *down*, dan larutan nutrisi AB mix.

### Metode Pelaksanaan

#### Pembuatan Sistem Otomasi Hidroponik Mini

Sistem hidroponik mini yang dirancang memiliki luas volume (65cm x 20cm x 50cm) keseluruhan sistem adalah 650 cm<sup>3</sup>. Jarak tanam hidroponik mini ialah 10 cm dengan lubang tanam berjumlah 10 media. Bahan material hidroponik mini berupa kayu pinus, dan pipa pvc 2 inci. Sistem hidroponik yang digunakan berupa *deep flow technique* (DFT) dan menggunakan pompa air Sp-1200 sebagai motor sirkulasi air dan pipa berukuran ½ inci sebagai *drainase*.

#### Perancangan Hardware

Sistem otomasi hidroponik mini menggunakan tiga sensor, yaitu sensor pH, sensor TDS dan sensor DHT22. Sensor TDS dan pH menghasilkan *output* analog yang akan menjadi *input* bagi ADC yang ada pada mikrokontroler arduino uno, sedangkan sensor DHT22 akan menjadi sinyal digital untuk memberikan informasi suhu dan kelembaban lingkungan sistem hidroponik. Rangkaian penggerak *module relay* tiga *channel* dan pompa air jenis celup DC 3-6v berfungsi

mengatur cairan pH *up*, pH *down*, dan EC *down*. Sistem akuisisi data menggunakan alat (PLX-DAQ) untuk Microsoft Excell® yang dihubungkan ke Arduino melalui kode sketsa *software* Arduino IDE (Ichwana *et al*, 2020)

### Perancangan *Software*

Proses perancangan *software* meliputi program utama dari sub program proses data dengan metode logika *fuzzy* mengontrol kadar air pH dan EC. Metode logika *fuzzy* terdiri dari fuzzifikasi, *rule base* dan defuzzifikasi. Proses fuzzifikasi yaitu pemetaan ruang *input* ke himpunan *fuzzy* yang terdiri dari 3 himpunan yang memiliki tingkat kadar pH yang berbeda yaitu, tinggi, normal dan rendah. *Input* nilai kadar nutrisi terdiri dari tinggi, normal dan rendah. *Output* sinyal *module relay* terdiri 2 derajat keanggotaan yaitu “pompaON” dan “pompaOFF”. Proses *rule base* memiliki persamaan untuk menguji nilai *overshoot* (Nada, 2020).

$$\begin{aligned} \text{Overshoot} &= \frac{T_{\max} - T_{\text{steady}}}{T_{\text{steady}}} \times 100\% \dots\dots\dots (1) \\ &= \frac{4,59 - 4,4}{4,4} \times 100\% \\ &= 4,318\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{T_{\text{steadymin}} - T_{\text{setpoint}}}{T_{\text{setpoint}}} \times 100\% \dots\dots\dots (2) \\ &= \frac{4,59 - 4,4}{4,4} \times 100\% \\ &= 0,227\% \end{aligned}$$

Penentuan aturan-aturan *fuzzy* untuk kedua *input* dan *output*. Defuzzifikasi menggunakan metode penentuan *centroid* untuk mempermudah mencari nilai tengah dan memiliki persamaan (3).

$$COA = \frac{\sum_0^n a_n * z_n}{\sum_0^n a_n} \dots\dots\dots (3)$$

### Sampel Air IPAL

Sampelair pengambilan menggunakan jerigen, lokasi pengambilan sampel pada satu titik sampel yaitu titik *output (effluent)* IPAL Desa Panteriek, Kecamatan Lueng Bata, Banda Aceh. Air sampel yang telah diambil kemudian dibawa ke Laboratorium Teknik Tanah dan Air Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.

### Uji Pengukuran Sistem dan Kalibrasi Sensor

Pengujian parameter hasil keluaran dari *software* arduino IDE menggunakan *library fuzzy logic* (eFLL) direkomendasikan menggunakan *software* MATLAB R2015. Pengujian dilakukan membentuk *input* dan *output* serta menentukan fungsi keanggotaan dan diterapkan pada sistem defuzzifikasi menggunakan metode Mamdani. Setelah didapatkan hasil dari keluaran dari *software* MATLAB R2015 maka dibandingkan dengan keluaran dari *library logika fuzzy* yang ditampilkan melalui *software* PLX-DAQ (Aji, 2018).

$$\%error = \frac{\text{Nilai asli} - \text{Nilai ukur}}{\text{Nilai asli}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Kalibrasi sensor menggunakan beberapa jenis bahan produk yang disediakan oleh alat seperti sensor pH DFrobot Pro yaitu pH *buffer powder* yang berbentuk bubuk lalu dilarutkan dengan air *aquades* yang memiliki nilai pH 4,01 dan 6,86. Proses kalibrasi sensor TDS meter membandingkan dengan alat ukur EC dengan menggunakan satuan  $\mu S/cm$ , maka dikonversikan dari nilai TDS (PPM) ke nilai EC ( $\mu S/cm$ ) menggunakan rumus metode Truncheon.

$$EC = 1 \text{ mS/cm}$$

$$= 1000 \mu S/cm \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{1000}{1.4285} = 700 \text{ ppm} \quad (\text{Setiawan, 2018})$$

**Pengamatan Tanaman Selada**

Pada Pengamatan pada tanaman selada meliputi, pengamatan tinggi, jumlah daun tanaman, lebar daun dan panjang akar tumbuhan selada dilakukan hingga panen. Pengukuran tinggi dan pemantauan perkembangan jumlah daun yang dilakukan 3 hari dalam seminggu tanaman selada panen.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Rangkaian Sistem Otomasi**

Hasil perancangan sistem otomasi untuk pengendalian kadar air pH dan nutrisi hidroponik. Sistem otomasi hidroponik terdiri dari rangkaian sistem kontrol berupa arduino uno, *driver* sensor pH dan TDS, sensor DHT22, relay 4 *channel*, kabel USB, pompa mini, dan *projectboard*. Pengatur kendalinya adalah mikrokontroler arduino yang dikembangkan dengan metode logika *fuzzy* dan dirangkai tersebut memiliki konfigurasi pin

Tabel 8. Konfigurasi pin mikrokontroler arduino uno

Nama Komponen	Pin Arduino uno
VCC	VCC
Modul <i>driver</i> sensor pH	A0
Modul <i>driver</i> sensor TDS	A1
Modul sensor DHT22	6
Relay1	2
Relay2	3
Relay3	4
GND	GND

**Hasil Pengujian Modul *Driver* Sensor pH**

Menghitung rata-rata keluaran sensor pH SEN061-V2 menggunakan persamaan (4) didapatkan hasil sebesar 0,020% dan sensor pH 0,053%. Perbandingan kedua sensor tersebut tidak lebih dari 0,1%, sehingga sensor pH SEN061-V2 menyatakan bahwa keluarannya stabil diakarenakan hasil error atau kesalahan pada sistem mendapat hasil yang tidak melebihi 5%.

**Hasil Pengujian *Driver* Sensor TDS**

Proses pengujian dibagi dalam 3 sampel wadah dalam satuan ppm. Berdasarkan hasil pengujian wadah pertama, kadar air 447.36 ppm. Pengujian selanjutnya pada wadah kedua menghasilkan rata-rata kadar air 447.36 ppm dan sampel ketiga diperoleh nilai rata-rata 447 ppm. Hasil ditransformasikan dengan metode Truncheon (5), diperoleh nilai konduktivitas listrik (EC) sebesar 0,6 mS/cm. Hasil penelitian Sari (2020), menunjukkan bahwa kadar nitrogen, fosfor, dan kalium IPAL rumah tangga masih tergolong rendah, sehingga perlu dilakukan penambahan 0,6 mS/cm atau setara dengan 420 ppm nutrisi kimia pada selada.

**Pengujian Sistem Logika *Fuzzy***

Hasil pembentukan sistem logika *fuzzy* menggunakan MATLAB R2015 anggota himpunan *input* adalah sumbu y yang masing-masing dibagi menjadi 3 himpunan. Kondisi pH asam, bentuk trapesium dipilih karena nilai pH (*x*) lebih besar dari 0, dan (*x*) kurang dari 4 dan *x* kurang dari 5, pH asam dianggap kabur, karena derajat keanggotaan telah dikurangi dari 1 menjadi 0. Demikian pula dalam kasus keanggotaan *input* nutrisi bentuk trapesium, karena nilai sensor TDS (*x*) lebih besar dari 0 dan *x* lebih kurang dari 550, kandungan nutrisinya adalah

dianggap 1. Namun, jika  $x$  lebih besar dari 550  $x$  kurang dari 650, kandungan nutrisi dianggap kabur, yaitu keanggotaannya berkurang dari 1 menjadi 0.

Hasil pembentukan *output* diperoleh dengan mengelompokkan nilai keluaran pompa yang kemudian akan aktif dalam 2 set. Fungsi keanggotaan himpunan pH terbagi menjadi 3 bagian yaitu “BasaON”, “NormalOFF, dan “AsamON” kemudian fungsi keanggotaan nutrisi terbagi menjadi 2 bagian yaitu “nutrisiON” dan “nutrisiOFF”. Pada kondisi pH “BasaON”, keadaan pompa basa benar-benar menyala ketika  $x$  adalah 0 sampai 5. Kemudian “BasaON” dianggap kabur, tingkat keanggotaan turun dari 1 menjadi 0, ketika  $x$  lebih besar dari 5 dan nilainya lebih kecil 5,5. Nilai  $x$  lebih besar dari 5,5 adalah kondisi pompa tidak lagi “BasaON”. Kondisi “NormalOFF” dianggap ketika nilai  $x$  lebih besar dari 5,5 dan kurang dari 6,5. Ketika  $x$  lebih besar dari 6,5 dan  $x$  kurang dari 7 dianggap kabur, karena nilai derajat keanggotaan yang naik 0 hingga 1. Kondisi “NormalOFF” akan dianggap benar jika nilai  $x$  adalah 6 karena memiliki nilai derajat keanggotaan ialah 1. Kondisi “NormalOFF” memiliki keadaan kekaburan yang nilai keanggotaannya berkurang dari 1 menjadi nilai  $x$  lebih besar dari 6 dan lebih kecil dari 6,5. Demikian pula dengan nilai dari keanggotaan “AsamON”.

Selain itu, proses pembentukan aturan *fuzzy* melalui software MATLAB R2015 memiliki 9 aturan (rules) yang terdiri dari:

- [R1] if PH is “PHasam” and Nutrisi is “LOW” then “POMPaph is BasaON” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiON”
- [R2] if PH is “PHnormal” and Nutrisi is “LOW” then “POMPaph is NormalOFF” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiON”
- [R3] if PH is “PHbasa” and Nutrisi is “LOW” then “POMPaph is AsamON” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiON”
- [R4] if PH is “PHasam” and Nutrisi is “NORMAL” then “POMPaph is BasaON” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiON”
- [R5] if PH is “PHnormal” and Nutrisi is “NORMAL” then “POMPaph is NormalOFF” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiON”
- [R6] if PH is “PHbasa” and Nutrisi is “NORMAL” then “POMPaph is AsamON” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiON”
- [R7] if PH is “PHasam” and Nutrisi is “TINGGI” then “POMPaph is BasaON” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiOFF”
- [R8] if PH is “PHnormal” and Nutrisi is “TINNGGI” then “POMPaph is NormalOFF” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiOFF”
- [R9] if PH is “PHbasa” and Nutrisi is “TINNGGI” then “POMPaph is AsamON” and “POMPAnutrisi” is “nutrisiOFF”

Tabel 10. Hasil percobaan defuzzifikasi menggunakan *software* MATLAB

No	Nilai Masukan ( $x$ )		Nilai Keluaran ( $x$ )			
	Kadar pH	Nutrisi (PPM)	<i>Library fuzzy logic</i> (pH)	MATLAB	<i>Library fuzzy logic</i> (ppm)	MATLAB
1	6,32 (normal)	600	3,67	3.64	413,08	410
2	6.86 (basa)	999	2,73	2.67	910,37	913
3	6,84 (basa)	995	2,77	2.7	910,63	913
4	6,94 (basa)	980	2,6	2.55	910,47	914
5	6,41 (normal)	893	3,59	3.54	910,63	910
6	6,37 (normal)	853	3,68	3.65	910,86	910
7	6,42 (normal)	446	3,57	3.52	304,78	308
8	7,76 (basa)	455	2,51	2.47	300,69	308
9	7,64 (basa)	746	2,51	2.47	700	700
10	6,87 (basa)	820	2,99	2.91	797,91	801
	Rata-rata		3,062	3,012	706,942	708,7

Hasil uji defuzzifikasi pada sistem *fuzzy* menggunakan *library fuzzy logic* dan MATLAB menghasilkan perbedaan yang signifikan, hampir serupa. Membandingkan nilai keluaran pH (x) nilai rata-rata adalah 0,05 dan nilai nutrisi (x) adalah nilai rata-rata 1,758. Hasil tersebut dipengaruhi oleh nilai *input*, dimana nilai *output* dari sistem *fuzzy* menggunakan *library fuzzy logic* (eFFL) pada sistem otomasi telah mencapai nilai yang diinginkan di arduino dibandingkan dengan MATLAB.

### Implementasi Sistem Otomasi Hidroponik

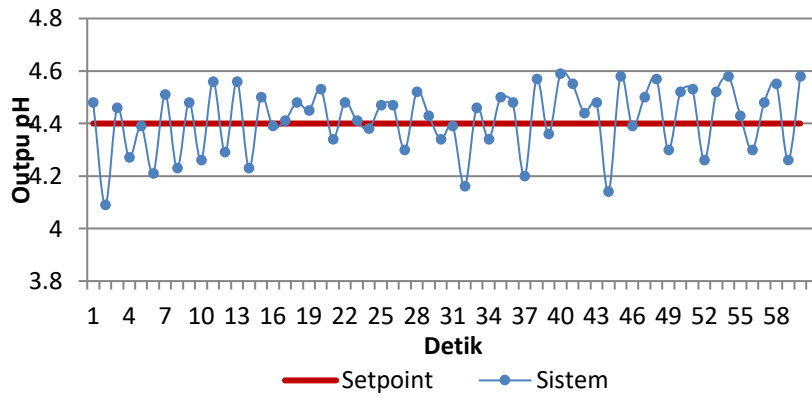
Hasil dari perancangan otomasi hidroponik memiliki sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem otomasi hidroponik mini dirancang terdiri dari *input*, proses, dan *output*.

### Hasil Pengujian Sistem Otomasi Hidroponik

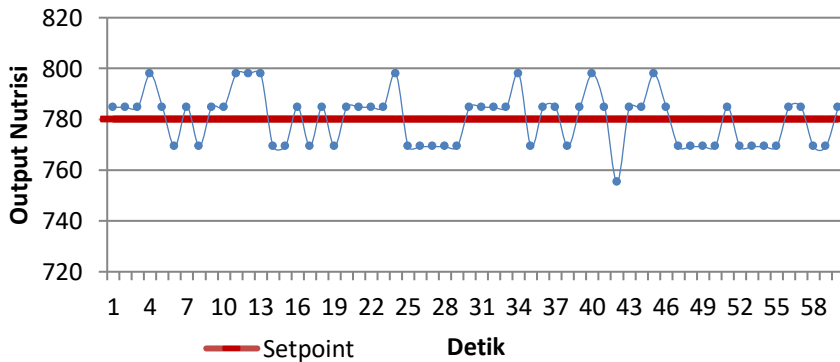
Hidayat (2017) mengutarakan bahwa salah satu faktor pertumbuhan tanaman dan perkembangannya adalah temperatur. Oleh karena itu digunakan sensor suhu DHT22 untuk mengetahui keadaan perubahan kadar air nutrisi. Hasil dari pengujian nilai kadar air nutrisi hidroponik dengan perlakuan pada kondisi iklim berbeda.

Tabel 11. Pengujian nilai kadar air pagi, siang dan sore

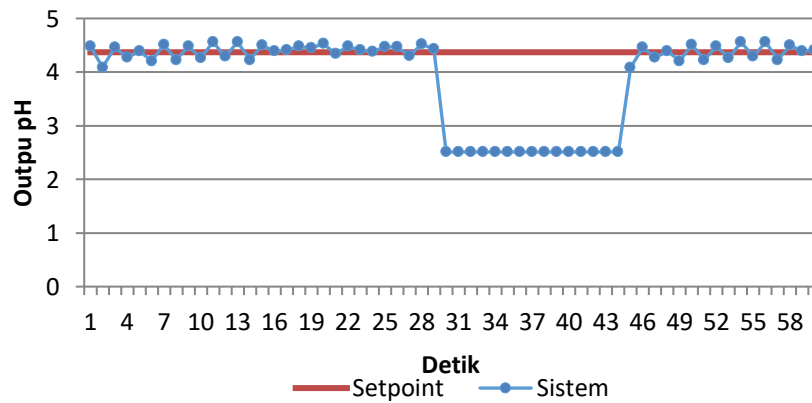
PAGI			
Pukul	pH	Nutrisi (ppm)	Suhu (°C)
07:02:22	6,17	820	29.60°C
07:02:29	6,14	817	29.60°C
07:02:35	6,16	823	29.60°C
07:02:41	6,15	823	29.60°C
07:02:47	6,18	820	29.60°C
07:02:53	6,16	823	29.60°C
07:02:35	6,16	823	29.60°C
07:02:41	6,15	823	29.60°C
07:03:00	6,17	823	29.60°C
07:03:06	6,16	820	29.60°C
SIANG			
Pukul	pH	Nutrisi (ppm)	Suhu (°C)
12:10:40	6,33	836	31.80°C
12:10:46	6,29	836	31.80°C
12:10:52	6,29	833	31.80°C
12:10:59	6,26	836	31.80°C
12:11:05	6,25	836	31.80°C
12:11:11	6,24	830	31.80°C
12:11:17	6,24	836	31.80°C
12:11:45	6,30	836	31.60°C
SORE			
Pukul	pH	Nutrisi (ppm)	Suhu (°C)
16:53:26	6,16	830	29.60°C
16:53:29	6,17	836	29.60°C
16:53:32	6,17	833	29.60°C
16:53:35	6,17	833	29.60°C
16:53:38	6,16	833	29.70°C
16:53:41	6,16	833	29.60°C
16:53:44	6,16	836	29.60°C
16:53:47	6,15	833	29.60°C



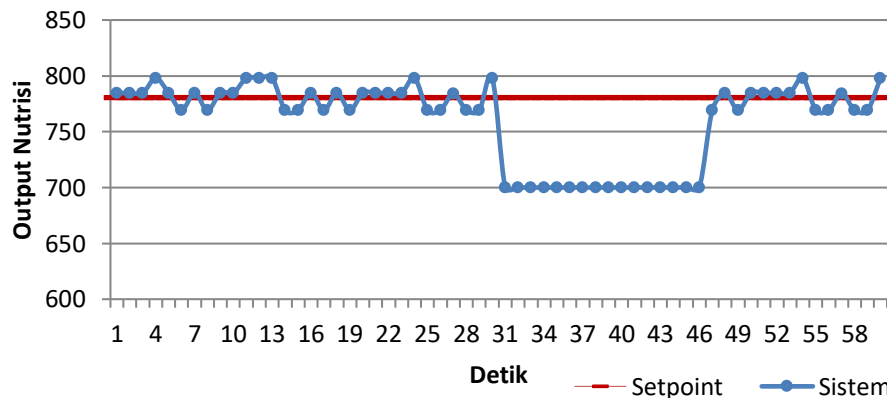
a. Respon sistem sensor pH terhadap *setpoint* saat kondisi normal



b. Respon sistem sensor pH terhadap *setpoint* saat kondisi normal



c. Respon sistem sensor pH terhadap *setpoint* saat kondisi pH basa



d. Respon sistem sensor TDS terhadap *setpoint* saat kondisi nutrisi menurun

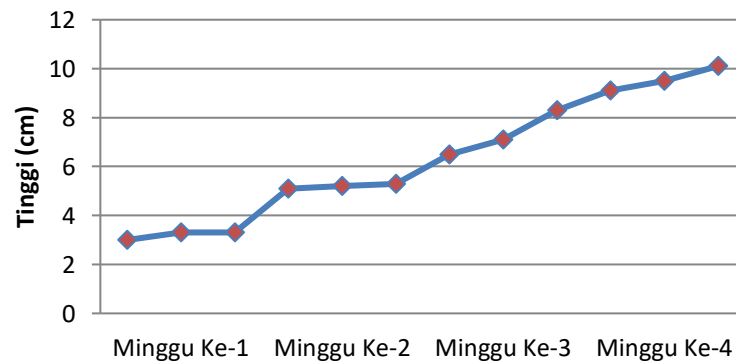
Gambar 1. Respon pH dan nutrisi sistem *fuzzy* terhadap *setpoint*

Selanjutnya, diuji untuk 4 kondisi yaitu saat pH normal, pH basa, nutrisi normal dan nutrisi rendah. Sistem dirancang memiliki batas (*setpoint*) pH normal 4,4 dan nutrisi 780 saat *output* pompa mati (PompaOFF). Hasil yang diperoleh dari pembacaan *setpoint* yang ditentukan dari indikator sensor pH dan sensor TDS ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan persamaan (1 dan 2) *overshoot* dan *error* pada jurnal Nada (2020) diperoleh hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *overshoot* kondisi normal nilai pH sebesar 4,318% dan nutrisi normal sebesar 2,296% sedangkan nilai *error* didapatkan pada pH 0,227% dan nutrisi 0,606%. Perbedaan persentase ini disebabkan oleh efek sistem *fuzzy* yang ditentukan, serta tingkat sensitivitas sensor pH dan TDS yang digunakan.

## Hasil Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa L*)

### 1. Tinggi tanaman

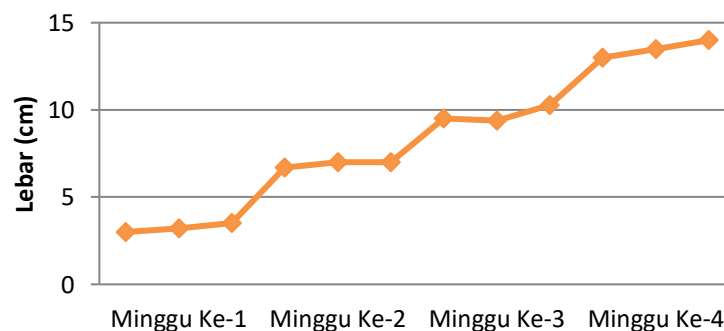
Hasil perkembangan tanaman selada rata-rata tinggi tanaman pada minggu pertama adalah 3,3 cmdan pada minggu kedua bertambah sebesar 2 cm. Minggu kedua, saat tanaman berukuran 5,3 cm bertambah 3 cm pada minggu ketiga. Ketika minggu ke-4 bertambah menjadi 1,8 cm, tinggi selada menjadi 10,1 cm. Setiap minggunya mengalami peningkatan yang akan dipresentasikan melalui grafik, diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 2. Grafik pertumbuhan tinggi selada

### 2. Lebar daun

Rata-rata lebar tanaman selada pada minggu pertama adalah 3,5 cm, bertambahnya minggu kedua lebar tanaman adalah 3,5 yakni menjadi 7 cm. Minggu ketiga bertambah 3,26 cm menjad 10,26. Selama minggu keempat lebar daun selada meningkat 3,74 menjadi lebar daun selada adalah 14 cm.

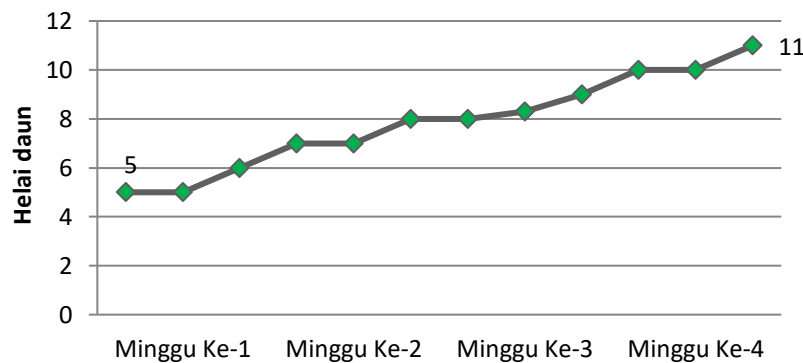


Gambar 3. Grafik pertumbuhan lebar daun selada

### 3. Jumlah helai daun

Setiap minggu rata-rata bertambah 1 helai daun yang terlihat. Minggu pertama ada 6 helai daun, dan pada akhir minggu kedua bertambah menjadi 2 helai daun. Minggu ketiga bertambah 1 helai daun menjadi 9 helai daun dan di akhir minggu keempat bertambah 2 helai daun yang menjadi 11 helai daun.

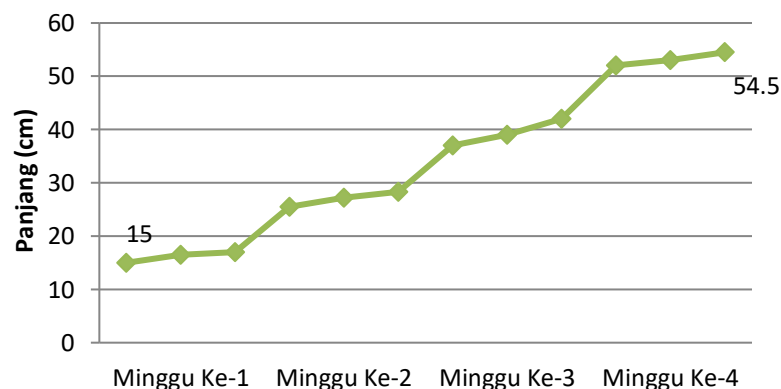




Gambar 4. Grafik jumlah daun selada

#### 4. Jumlah panjang akar

Hasil akar pada minggu pertama diambil pada hari Sabtu, rata-rata panjang akar mencapai 17 cm. Minggu kedua terjadi pertambahan akar 11,3 cm, panjang akar selada minggu kedua adalah 28,3 cm. Hari Sabtu minggu ketiga didapatkan hasil panjang akar sebesar 13,7 cm, panjang akar 42 cm pada minggu ke-3 dan pada minggu ke 4 panjang akhir akar selada adalah 54,5 cm. Hasil pertambahan panjang akar dari minggu ke-3 sampai dengan minggu ke-4 diperoleh nilai 12,5 cm. Pertumbuhan selada yang semakin besar dan keterbatasan lahan mini hidroponik menyebabkan pertumbuhan akar pada minggu ke-4 semakin berkurang terlihat pada peningkatan grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik pertumbuhan akar selada

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Air limbah IPAL di Desa Panteriek memiliki unsur hara sebesar 447,36 ppm, jika dikonversikan ke EC sebesar 0,6 mS/cm. Kebutuhan EC selada sebesar 0,8-1,2 mS/cm. Penambahan pupuk cair pada air limbah IPAL sebesar 0,6 mS/cm atau setara dengan 420 ppm.
3. Logika *fuzzy* metode Mamdani yang diterapkan dapat berjalan dengan baik, mampu secara normal menyesuaikan tingkat kadar pH dan kebutuhan nutrisi tanaman selada, sehingga hasil perkembangan selada stabil setiap minggunya. Hasil pengujian sistem logika *fuzzy* dapat menjaga kestabilan sistem dengan baik dengan mencapai overshoot sebesar 2,296% hingga 4,318% dan error sebesar 0,227% hingga 0,606%.

## Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah menggunakan sensor EC/TDS yang mampu membaca sinyal daya melebihi 1000 ppm atau setara dengan EC 1,4 mS/cm. Pengaturan jarak tanam yang akan dikembangkan, karena dalam penelitian ini menggunakan hidroponik mini sebagai dekorasi rumah menggunakan tabung pipa diameter 2 inci dan jarak 10 cm, 1 sampai 3 tanaman mati.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Gradio Kusuma. 2018. Pengendali Kecepatan pada Alat Sentrifugasi Menggunakan Metode Logika Fuzzy. Undergraduate Thesis. Departemen Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Elektro. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Bahzar, Muhammad Hafizh. 2018. Pengaruh Nutrisi dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.var. chinensis*) Dengan Sistem Hidroponik Sumbu. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6: 1273-1281. (7).
- Hidayat, Lalu Rahmat. 2017. Implementasi Pemantauan Suhu, Kelembaban Dan Pengendalian Peyiraman Secara Otomatis Pada Greenhouse Berbasis Web. Vocational (Diploma) Thesis. Jurusan Informatika. Fakultas Teknik. Universitas Mumammadiyah Malang. Malang.
- Ibadarrohman. 2018. Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik Berbasis Android. Konferensi Nasional Sistem Informasi. Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Gunadarma. Depok.
- Ichwana, Nasution I. S., Sundari S., dan Rifky N. 2020. Data Acquisition of Multiple Sensors in Greenhouse Using Arduino Platform. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 515(1), p.012011.
- Kustiawan I. Dan Almira Ladimananda. 2016. Pemodelan Dinamika Perkembangan Perkotaan dan Daya Dukung Lahan di Kawasan Cekungan Bandung. *Journar TATALOKA*. 14: 98-112. (2).
- Nada, Qatrun. 2020. Rancang Bangun Sistem Kendali Lampu Jarak Jauh Berbasis Arduino Uno dan Ethernet Shield. Jurusan Teknik Elektro dan Komputer. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Olle M, Ngouajio M, Siomos A. 2012. Vegetable Quality and Productivity As Influenced by Growing Medium. *Jurnal Agri*. 99: 399-408. (4)
- Putra, R. M. 2018. Budidaya Tanaman Hidroponik DFT Pada Kondisi Nutrisi Yang Berbeda. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Setiawan, A. 2018. Cara Menghitung Dan Menakar Larutan Pupuk Ab Mix Dalam Skala Ppm. <https://www.kebunpedia.com/threads/cara-menghitung-dan-menakar-larutan-pupuk-ab-mix-dalam-skala-ppm.4599/pages-2>. [Diakses pada tanggal 9 Desember 2020].
- Surtinah dan Rini Nizar. 2017. Pemanfaatan Perkarangan Sempit Dengan Hidroponik Sederhana di Pekanbaru. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 23: 274-278. (2).