

## **OTOMATISASI PEMBERIAN NUTRISI PADA TANAMAN *HYDROPONIK* SISTEM NFT MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC***

**Egy Wijaya, Nur Iksan**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Semarang  
nur.iksam@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/bte.v1i1.299>  
QRCBN 62-6861-4195-455

### **ABSTRAK**

Perkembangan teknologi hidroponik memungkinkan untuk mempermudah petani dalam mengontrol nutrisi dan memonitoring nutrisi tanaman. Pengontrolan ini berdasarkan nilai pH dan nutrisi yang didistribusikan pada instalasi hidroponik. Sistem ini dilengkapi dengan sensor TDS dan sensor pH sebagai input. Dalam sistem ini nutrisi atau nilai *ppm* tanaman akan stabil sesuai *set point* yang ditentukan atau menyesuaikan dengan tanaman yang ditanam dengan menggunakan pupuk AB mix dan air. Ketika nutrisi dalam bak penampungan kurang maka otomatis akan mengalirkan AB mix dalam tangki nutrisi, dan ketika kelebihan nutrisi maka otomatis air akan mengalir ke dalam bak nutrisi. Sama halnya dengan pengontrolan nilai pH tanaman juga dikontrol dengan menggunakan larutan asam dan basa. Sistem ini akan menggunakan logika *fuzzy* untuk memecahkan masalah itu dengan *25 rule base* yang akan dibuat. Output dari *fuzzy* akan membuka dan menutup aliran AB mix, larutan asam dan basa serta air sesuai dengan *rule base* yaitu mati, cepat, lama (0, 10, 25 detik). Dalam penelitian ini akan memodelkan sistem otomatisasi hidroponik menggunakan Matlab Simulink dalam proses pengerjaanya.

**Kata Kunci:** Matlab Simulink, Sistem Kontrol, Sensor pH, Sensor TDS, Tanaman.

## PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan sumber pendapatan bagi sebagian masyarakat Indonesia, karena sebagian besar penduduk Indonesia wilayahnya adalah lahan pertanian. Petani biasanya menggunakan lahan untuk media tanam dalam mengembangkan pertaniannya produk. Produksi sayuran dan buah berbanding lurus dengan luas lahan pertanian, semakin luas lahan pertanian maka produksi bahan pangan juga akan meningkat. Akan tetapi kebutuhan akan lahan pertanian tidak dibarengi dengan ketersediaan lahan pertanian. Ketersediaan lahan pertanian bahkan mengalami penurunan setiap tahunnya. Peningkatan populasi penduduk di perkotaan merupakan salah faktor perubahan fungsi lahan pertanian menjadi fungsi lain. Data dari Kementerian Agraria dan Tata Ruang Wilayah, Badan Pusat Statistik (BPS), dan Kementerian Pertanian. Lahan pertanian juga makin susut. Pada 2019, luas baku sawah nasional hanya 7,465 juta hektare, turun dibandingkan posisi 2013 yang 7,75 juta hektare. Artinya, 285,000 lahan pertanian beralih fungsi selama kurun 2013-2019 atau rata-rata 47.500 hektare per tahun.

Melihat banyaknya lahan pertanian yang semakin menyempit, maka terdapat solusi untuk menggunakan metode pertanian hidroponik. Hidroponik adalah metode budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, jadi hidroponik adalah kegiatan pertanian yang dilakukan dengan menggunakan air sebagai media pengganti tanah. Ada beberapa macam sistem hidroponik diantaranya Wick System, Nutrient Film Technique (NFT), Deep Water Culture (DWC), Drip System, dan Ebb and flow systems (Flood and Drain System).

Metode Hidroponik Prinsip dasar hidroponik adalah NFT. Media yang bisa digunakan seperti Rockwool, Netpot, Pipe, Nutrition, TDS meter, PH meter. NFT adalah mode kultivasi oleh menempatkan akar tanaman di lapisan air dangkal. Air tersebut diedarkan dan mengandung nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman. Akar dapat berkembang

dalam larutan nutrisi, karena di sekitar akar terdapat lapisan larutan nutrisi, sistem ini dikenal sebagai NFT.

Perkembangan teknologi terkini memungkinkan diperlukan untuk mempermudah petani dalam mengontrol nutrisi dan memonitoring nutrisi tanaman. Pengontrolan ini berdasarkan nilai pH dan nutrisi yang didistribusikan pada instalasi hidroponik. Ada beberapa cara untuk mengatasi tantangan ini. Bisa menggunakan kontrol manual dengan ambang batas untuk memberikan perintah ke aktuator, namun akan sulit mendapatkan nilai pastinya kebutuhan sistem secara akurat karena tidak dapat menangani ketidakjelasan. Kita dapat menggunakan pengontrol PID untuk mengatasi ketidakjelasan, tetapi hal itu akan terjadi memerlukan sistem kendali yang lebih kompleks. Oleh karena itu, logika fuzzy adalah metode yang cocok untuk masalah ini karena dapat mengatasi ketidakjelasan tanpa menambah kompleksitas. Untuk menyempurnakan permasalahan tersebut dengan merancang sistem yang dapat melakukan pengerjaan dalam pemberian nutrisi dan perbaikan nutrisi berdasarkan tingkat konsentrasi larutan pada nutrisi hidroponik secara otomatis dengan memanfaatkan perangkat mikrokontroler Arduino, kondisi pada hidroponik dapat dimonitor dari kejauhan melalui perangkat smartphone Android, dengan mengangkat judul "Otomatisasi Pemberian Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Sistem NFT Menggunakan *Fuzzy Logic*".

## **LANDASAN TEORI**

### **1. Hidroponik**

Hidroponik adalah metode bercocok tanam dengan menggunakan larutan nutrisi mineral dalam air tanpa tanah. Istilah ini berasal dari kata Yunani *hydro* dan *ponos*, yang diterjemahkan menjadi "air melakukan" tenaga kerja" atau "pekerjaan air". Penggunaan air sebagai media tanam bukanlah hal yang baru, tetapi pengenalan komersial hidroponik muncul hanya baru-baru ini. Secara keseluruhan, peneliti telah memajukan metode hidroponik dengan membuatnya lebih produktif, andal, dan hemat air.

Metode hidroponik juga relatif pemeliharaan rendah juga, sejauh penyirangan, pengolahan tanah, berlutut dan

pembuangan kotoran tidak menjadi masalah. Metode hidroponik juga menyediakan cara yang tidak terlalu padat karya untuk mengelola area yang lebih luas produksi. Selain itu, mungkin menawarkan proses yang lebih bersih mengingat tidak ada kotoran hewan yang digunakan. Selain itu, metode hidroponik memberikan cara yang lebih mudah untuk mengontrol kadar nutrisi dan pH keseimbangan. Menurut Ebba Hedenblad dan Marika Olsson, dalam tanah banyak faktor seperti suhu, tingkat oksigen, kelembaban, dan mikroorganisme, mempengaruhi bagaimana nutrisi tetap tanah dapat diakses oleh tanaman karena nutrisi dilarutkan dalam air melalui erosi dan mineralisasi. Karena itu, metode hidroponik dapat menghasilkan hasil yang lebih seragam dan hasil yang lebih baik, sebagai yang optimal kombinasi nutrisi dapat disediakan untuk semua tanaman.

Terdapat beberapa tipe sistem hidroponik yaitu *drip system* (sistem tetes), *Ebb and flow (flood and drain)*, *NFT (nutrient film technique)*, *deep water culture*, *aeroponic*, dan *wick system* (sistem sumbu). Selain itu, sistem hidroponik bisa juga merupakan kombinasi dari satu atau lebih dari sistem-sistem tersebut.

## 2. Nutrisi Tanaman Hidroponik

Tanaman membutuhkan 16 unsur hara/nutrisi untuk pertumbuhan yang berasal dari udara, air dan pupuk. Unsur-unsur tersebut adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), besi (Fe), magnesium (Mg), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo) dan *chlorin* (Cl). Unsur-unsur C, H dan O biasanya disuplai dari udara dan air dalam jumlah yang cukup. Unsur hara lainnya didapatkan melalui pemupukan atau larutan nutrisi. Faktor-faktor yang mempengaruhi serapan hara dan ketersediaan nutrisi dalam larutan nutrisi dipengaruhi oleh pH larutan, konduktivitas listrik, komposisi nutrisi dan temperatur. Parameter yang mengukur keasaman atau alkalinitas suatu larutan (pH) menunjukkan hubungan antara konsentrasi ion bebas  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam larutan. Nilai pH larutan nutrisi yang tepat adalah antara 5.5 dan 6.5. Kemudian ada faktor yang mempengaruhi formulasi nutrisi jenis dan varietas tanaman yaitu tahap pertumbuhan tanaman, bagian tanaman yang dipanen (akar,

batang, daun, buah), musim dan cuaca (suhu, intensitas cahaya, panjang sinar matahari). Kebutuhan nutrisi, pH dan *Electrical Conductivity* ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kebutuhan Nutrisi dan pH

<b>Nama Tanaman</b>	<b>PH</b>	<b>EC</b>	<b>PPM</b>
Buncis	6.0	2.0-4.0	1400-2800
Paprika	6.0-6.5	1.8-2.2	1260-1540
Wortel	6.3	1.6-2.0	1120-1400
Kembang Kol	6.0-7.0	0.5-2.0	1050-1400
Ketimun	5.8-6.0	1.7-2.5	1190-1750
Seledri	6.5	1.8-2.4	1260-1680
Terong	5.5-6.5	2.5-3.5	1750-2450
Selada	5.5-6.5	0.8-1.2	560-840
Bawang merah	6.0-6.7	1.4-1.8	980-1260
Pakcoy	7.0	1.5-2.0	1050-1400
Lobak	6.0-6.7	1.6-2.2	840-1540
Bayam	5.5-6.6	1.8-2.3	1260-1610
Tomat	5.5-6.6	2.0-5.0	1400-3500
Sawi	5.5-6.0	2.0-2.1	1050-1400
Cabe	6.0-6.5	3.0-3.5	2100-2450

Dalam pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik dapat menggunakan nutrisi AB mix. Nutrisi AB mix merupakan pupuk terbuat dari garam mineral yang dilarutkan kedalam air, unsur hara yang terkandung didalamnya sangat penting diperlukan untuk perkembangan tanaman. Nutrisi terdiri dari pupuk A dan pupuk B yang akan dicampur dengan air secara terpisah untuk menjadikan sebagai larutan stok, jika akan digunakan larutan stok yang masih kental dicampur kembali dengan air, pupuk A dan pupuk B tidak dapat dicampur secara langsung, karena jika kation Ca dalam pupuk A bertemu anion sulfat dalam pupuk B akan terjadi endapan dan menghasilkan kalsium sulfat dan unsur CA dan S dan penyerapan tidak dapat dilakukan oleh akar, karena tanaman akan terdefisiensi unsur Ca dan S.

### 3. Fuzzy Logic

Sistem yang didasari atas pengetahuan (*knowledge-based*) atau sistem yang didasarkan atas kaidah-kaidah atau aturan-aturan (*rule-based*). Inti dari sistem *fuzzy* adalah basis pengetahuan yang terdiri atas aturan-aturan yang dituliskan sebagai kumpulan pernyataan-pernyataan antisiden konsekwen “jika-maka”. Sistem *fuzzy* dapat dibangun dengan mengumpulkan aturan-aturan seperti itu. Sistem *fuzzy* sering digunakan sebagai kontroler yang sering disebut sebagai kontroler *fuzzy*.

### 4. Metode Sugeno

Metode *fuzzy* Sugeno memiliki kemiripan dengan metode mamdani, perbedaan terletak pada output. Pada logika *fuzzy* Sugeno, sistem berupa konstanta tidak berupa himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan pada metode *fuzzy*. Sugeno disebut fungsi singleton yaitu fungsi keanggotaan yang memiliki nilai keanggotaan 1 pada fungsi aktual tunggal dan 0 pada fungsi aktual yang lain. Proses defuzzifikasi pada metode Sugeno lebih efisien daripada metode mamdani. Hal ini dikarenakan metode *fuzzy* Sugeno menghitung fungsi output rule ke-*i*, akhir, dan output adalah sebuah weight average. Dibanding dengan metode mamdani yang harus menghitung luas di bawah kurva fungsi keanggotaan variabel keluaran. Kelebihan dari logika *fuzzy* Sugeno adalah dengan orde nol seringkali sesuai untuk berbagai kebutuhan permodelan.

Dalam inferensinya, metode *fuzzy* sugeno melalui tahap berikut :

#### a. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan suatu proses perubahan variabel numerik menjadi variabel linguistik. Variabel numerik disebut juga variabel non fuzzy dan variabel linguistik disebut juga sebagai variabel fuzzy. Pengendali fuzzy mengubah nilai variabel pada nilai masukan yang masih dalam bentuk numerik yang sudah melalui proses kuantisasi. Proses ini disebut fuzzifikasi yaitu proses mengubah fungsi keanggotaan dalam bentuk nilai-nilai yang telah disusun menjadi informasi fuzzy.

#### b. Pembentukan basis pengetahuan

Pembentukan basis pengetahuan menentukan jumlah himpunan *fuzzy* yang akan digunakan dan himpunan rule yang

berkaitan dengan aturan yang digunakan untuk menentukan output.

c. Mesin inferensi

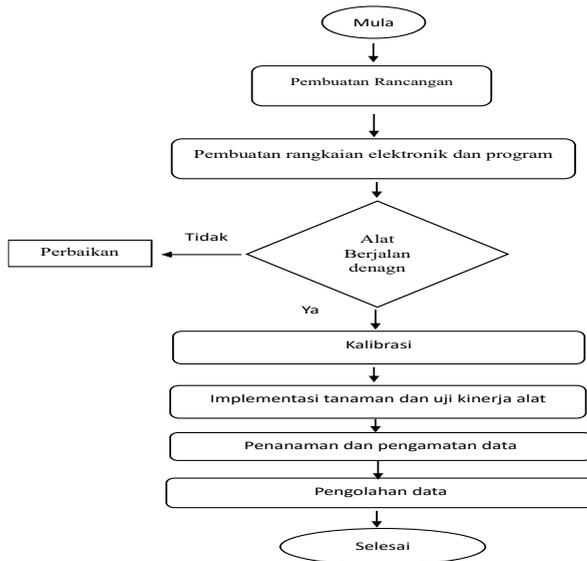
Mesin inferensi mengandung mekanisme pola pikir sebuah sistem yang digunakan oleh pakar dan fungsi berpikir. Mekanisme tersebut mencari jawaban terbaik dengan cara menganalisa suatu masalah tertentu menggunakan aturan *fuzzy*. Inti dari relasi *fuzzy* adalah aturan yang dinyatakan dalam bentuk "*IF...THEN*". Relasi *fuzzy* disebut juga implikasi *fuzzy*. Aturan "*IF...THEN*" dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan operator manusia, selanjutnya dapat dilakukan dengan berdasarkan data-data masukan dan keluaran menggunakan algoritma pelatihan.

d. Defuzzifikasi

Sistem inferensi *fuzzy* memiliki beberapa komponen yang terdiri dari data variabel input, data variabel output, dan data aturan. Untuk menentukan nilai keanggotaan dan penggunaan operator dibutuhkan 2 jenis fungsi fuzzifikasi. Fungsi tersebut antara lain yaitu fungsi aktual (*crisp*) dan fungsi kabur (*fuzzy*). Fungsi aktual melakukan proses fuzzifikasi yaitu mengubah nilai aktual menjadi nilai kabur (*fuzzy*). Fungsi kabur merupakan fungsi defuzzifikasi yang digunakan menentukan kembali nilai kabur menjadi nilai actual. Setelah menentukan nilai *fuzzy* selanjutnya diubah menjadi nilai yang menyatakan solusi permasalahan .

## 5. Sistem Desain

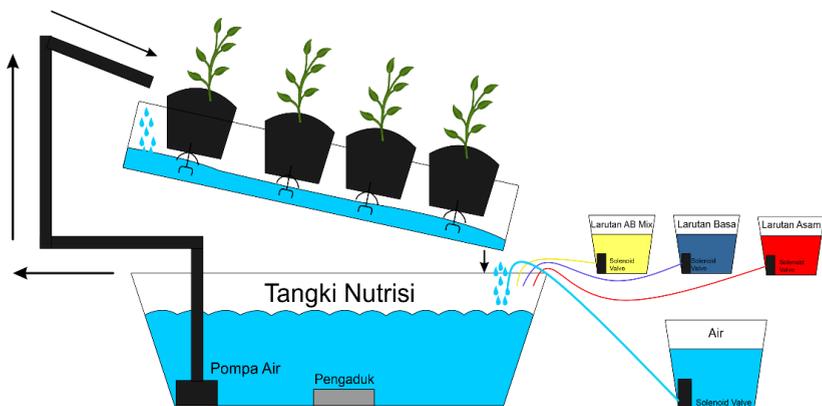
Sistem dimulai dari nilai input yang didapat dari hasil pembacaan sensor TDS dan sensor pH dan hasilnya akan dikirim ke user atau pengguna. Dan nilai pembacaan sensor masuk ke sistem control dan diproses oleh program *fuzzy* dan outputnya digunakan oleh sistem. Sistem desain alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian

Dari gambar alur di atas menjelaskan data input yang akan diolah adalah data nutrisi tanaman hidroponik diambil melalui sistem kontrol yang terpasang sensor pH dan TDS yang digunakan sebagai variabel pada perhitungan *fuzzy*. Setelah selesai proses perhitungan kemudian keluarlah sebuah output yang akan dikirimkan ke tanaman hidroponik.

## 6. Desain Hidroponik



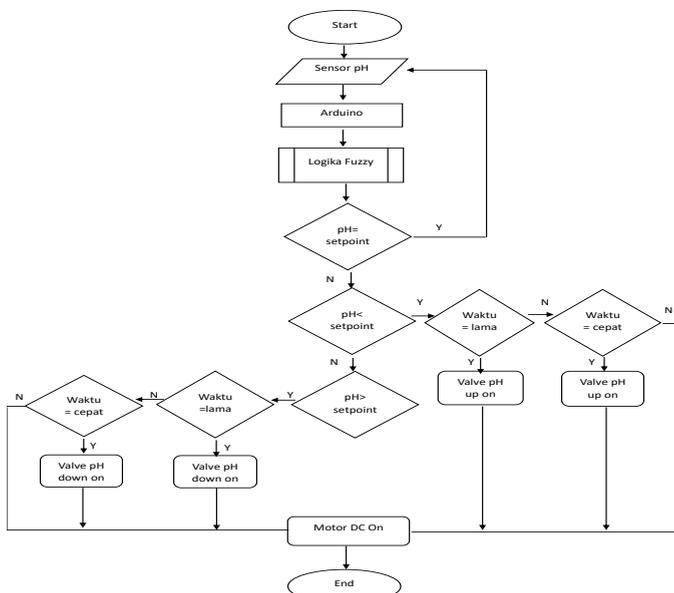
**Gambar 2.** Desain Hidroponik NFT

Konsep kerja dari sistem NFT ini dengan mengalirkan larutan nutrisi ke akar tanaman hidroponik secara terus menerus menggunakan pompa air seperti Gambar 2. Tanaman ditumbuhkan pada potongan rockwool atau spons setebal  $\pm 5$ -

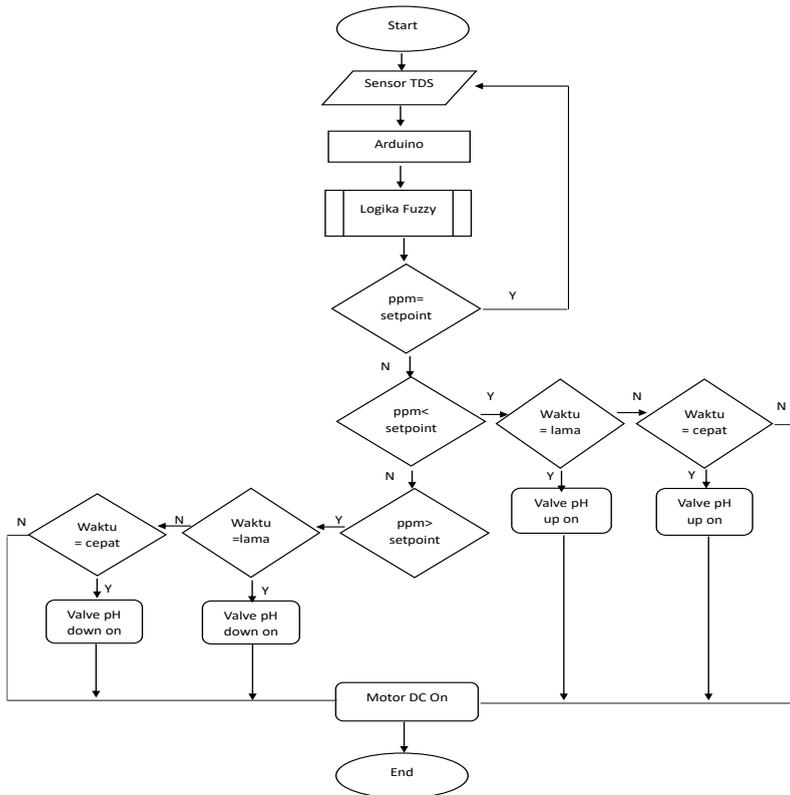
7 cm kemudian ditegakkan dalam lubang gully. Tanaman dapat pula ditumbuhkan pada potongan rockwool atau spons berukuran kecil (2 x 2 x 2 cm), yang dimasukkan ke dalam pot kecil (netpot), kemudian netpot dimasukkan ke dalam lubang-lubang gully. Rockwool dan netpot harus menyentuh aliran larutan nutrisi yang mengalir dalam gully agar akar tanaman dapat menyerap makanan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.

## 7. Implementasi Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* secara umum terdiri dari tiga proses utama yaitu fuzzifikasi, pengambilan keputusan (inferensi), dan defuzzifikasi. Pada himpunan *fuzzy*, elemen-elemennya memiliki nilai derajat keanggotaan sehingga nilai pada himpunan tidak sepenuhnya benar atau salah. Derajat keanggotaan ini mengambil nilai pada interval antara 0-1. Pengontrolan pH dan TDS/PPM merupakan hal yang penting dalam budidaya tanaman hidroponik. Nilai pH dan PPM dapat mempengaruhi kelarutan nutrisi dan ketersediaan nutrisi pada tanaman. Pada penelitian ini bertujuan untuk mempertahankan nilai pH dan PPM pada larutan nutrisi tanaman hidroponik agar tanaman mampu menyerap nutrisi dengan baik. Diagram alur control pH dan PPM ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



**Gambar 3.** Diagram Alur Kontrol pH

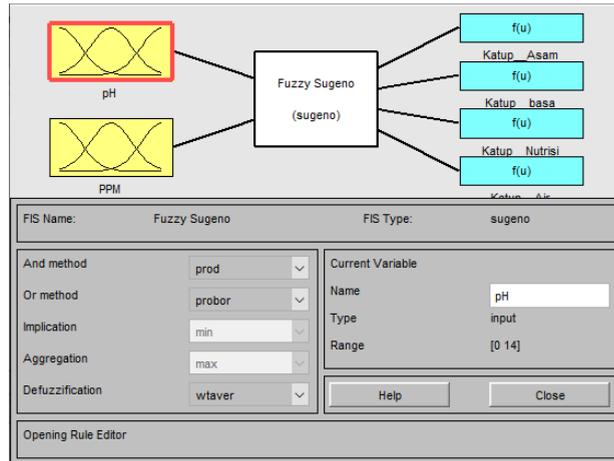


**Gambar 4.** Diagram Alur Kontrol PPM

## PEMBAHASAN

### 1. Fuzzyfikasi

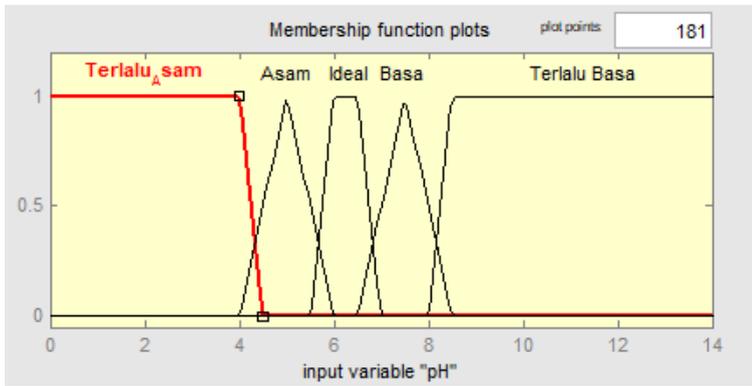
Fuzzifikasi merupakan proses pemetaan nilai tegas dari masukan menjadi himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan. Data pH dan PPM didapatkan dari pembacaan data pada sensor pH dan TDS. Inputan pH dan PPM dibagi menjadi 5 fungsi keanggotaan. Pada fungsi keanggotaan output terdiri dari durasi waktu nyala larutan asam, basa, AB mix dan air dengan parameter cepat dan lama. Desain fuzzy ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Desain Fuzzy

a. Variabel input pH

Variabel pH dibuat dengan range 0 sampai 14. Nilai pH ini diperoleh dari hasil pembacaan dari sensor pH. Parameter yang digunakan dibagi menjadi lima bagian berdasarkan penelitian sebelumnya, yaitu: Terlalu Asam, Asam, Normal, Basa dan Terlalu Basa. Adapun Gambar 6. merepresentasikan nilai untuk fungsi keanggotaan input pH.



**Gambar 6.** Member input pH

Pada keadaan air tangki terlalu asam diberikan range parameter pH lebih kecil dari 4,5. Kemudian pada keadaan air tangki asam diberikan range parameter pH 4 hingga 6. Pada keadaan air tangki basa diberikan range parameter 7 hingga 9. Dan pada keadaan air tangki terlalu basa diberikan range parameter lebih besar dari 8,5. Berikut merupakan nilai-nilai himpunan *fuzzy* input pH.

	$1 ; x \leq 4$
Terlalu asam	$\frac{4,5-x}{4,5-4} = 4 \leq x \leq 4,5$
	$0 ; x \geq 4,5$
	$0 ; x \leq 4 \text{ atau } x \geq 6$
Asam	$\frac{x-4}{5-4} = 4 \leq x \leq 4,5$
	$\frac{6-x}{6-5,5} = 5,5 \leq x \leq 6$
	$0 ; x \leq 5,5 \text{ atau } x \geq 7$
	$\frac{x-5,5}{6-5,5} = 5,5 \leq x \leq 6$
Normal	$1 ; 6 \leq x \leq 6,5$
	$\frac{7-x}{7-6,5} = 6,5 \leq x \leq 7$
	$0 ; x \leq 6,5 \text{ atau } x \geq 8,5$
Basa	$\frac{x-6,5}{7,5-6,5} = 6,5 \leq x \leq 7,5$
	$\frac{8,5-x}{8,5-7,5} = 7,5 \leq x \leq 8,5$
	$0 ; x \leq 8$
Terlalu basa	$\frac{x-8,5}{8,5-8} = 8 \leq x \leq 8,5$
	$1 ; x \geq 8,5$

Dari hitungan tersebut jika diberikan contoh input nilai pH = 4,4 dapat dikalkulasikan secara manual maka akan diperoleh:

$$\mu_{\text{Terlalu asam}} = \frac{4,5-4,4}{4,5-4}$$

$$= \frac{0,1}{0,5} = 0,5$$

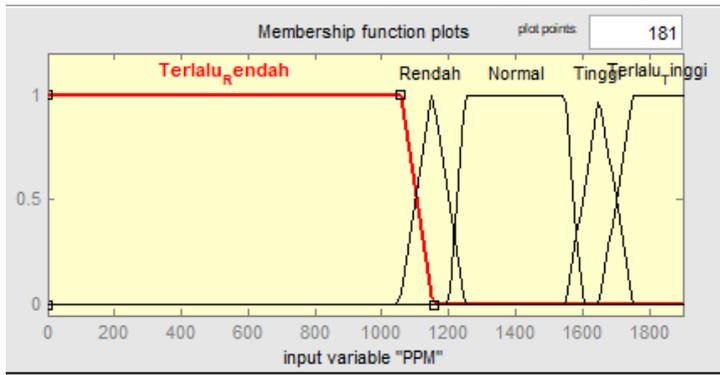
$$\mu_{\text{Asam}} = \frac{4,4-4}{5-4}$$

$$= \frac{0,4}{1} = 0,4$$

Berdasarkan perhitungan diatas, Ph 4,4 memiliki nilai 0,5 fungsi kenaggotaan terlalu asam dan memiliki nilai 0,4 fungsi keanggotaan asam.

#### b. Variabel input TDS/PPM

PPM dibuat dengan range 800 sampai 1900. Nilai PPM ini diperoleh dari hasil pembacaan sensor TDS. Parameter yang digunakan dibagi menjadi lima bagian berdasarkan penelitian sebelumnya, yaitu: Terlalu Rendah, Rendah, Normal, Tinggi dan Terlalu Tinggi. Adapun gambar di bawah ini merepresentasikan nilai untuk fungsi keanggotaan input PPM.



**Gambar 7.** Member input PPM

Member input PPM terlalu rendah diberikan himpunan dengan range parameter PPM kurang dari 1050. Pada keadaan PPM rendah diberikan range parameter PPM dari 1050 hingga 1250. Kemudian pada keadaan PPM tinggi diberikan range parameter dari 1550 sampai 1750. Terakhir pada keadaan PPM sangat tinggi diberikan range parameter lebih dari 1650. Untuk lebih jelasnya berikut nilai-nilai himpunan fuzzy input PPM.

$$\begin{aligned} & 1 ; x \leq 1050 \\ \text{Terlalu Rendah} & \frac{150-x}{50-1050} = 1050 \leq x \leq 1150 \end{aligned}$$

	$0 ; x \geq 1150$
Rendah	$0 ; x \leq 1050 \text{ atau } x \geq 1250$ $\frac{-1050}{50-1050} = 1050 \leq x \leq 1150$ $\frac{250-x}{50-1150} = 1150 \leq x \leq 1250$
Normal	$0 ; x \leq 1200 \text{ atau } x \geq 1600$ $\frac{-1200}{50-1200} = 1200 \leq x \leq 1250$ $1250 \leq x \leq 1550$ $\frac{550-x}{50-1600} = 1600 \leq x \leq 1550$
Tinggi	$0 ; x \leq 1550 \text{ atau } x \geq 1750$ $\frac{-1550}{50-1550} = 1550 \leq x \leq 1650$ $\frac{750-x}{50-1650} = 1650 \leq x \leq 1750$
terlalu Tinggi	$0 ; x \leq 1650$ $\frac{-1650}{50-1650} = 1650 \leq x \leq 1750$ $1 ; x \geq 1750$

Dari hitungan diatas jika diberikan contoh input nilai PPM = 1120 dapat dikalkulasikan secara manual maka akan diperoleh:

$$\mu_{\text{Terlalu Rendah}} = \frac{1150-1120}{1150-1050}$$

$$= \frac{30}{100} = 0,3$$

$$\mu_{\text{Rendah}} = \frac{1120-1050}{1150-1050}$$

$$= \frac{70}{100} = 0,7$$

Berdasarkan perhitungan manual, diketahui nilai PPM 1120 memiliki nilai 0,3 fungsi keanggotaan terlalu rendah dan

memiliki nilai 0,7 fungsi keanggotaan rendah.

c. Variabel output katup asam

Variabel waktu pada katup asam (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan PPM. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 10 detik, 25 detik. Lama waktu katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak cairan asam yang dikeluarkan.

d. Variabel output katup basa

Variabel waktu pada katup basa (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan PPM. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 10 detik, 25 detik. Lama waktu katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak cairan basa yang dikeluarkan.

e. Variabel output AB mix

Variabel waktu pada katup ab mix (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan PPM. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 10 detik, 25 detik. Lama waktu katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak cairan ab mix yang dikeluarkan.

f. Variabel output katup air

Variabel waktu pada katup air (durasi) merupakan output/hasil dari perhitungan variabel pH dan PPM. Variabel waktu memiliki 3 parameter yaitu Mati, Cepat dan Lama dengan masing-masing memiliki nilai 0 detik, 10 detik, 25 detik. Lama waktu katup solenoid terbuka menentukan seberapa banyak air yang dikeluarkan.

## 2. Inferensi (*Rule Base*)

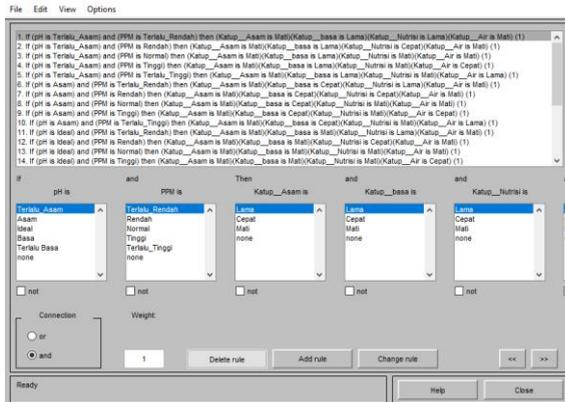
Inferensi merupakan sistem pengambilan keputusan pada konsep logika *fuzzy*. Dimana derajat keanggotaan yang dihasilkan dari proses sebelumnya digabungkan berdasarkan aturan tertentu. Kemudian, kaidah-kaidah yang aktif dipotongkan ke himpunan kesimpulan. Untuk *rule base* yang diterapkan pada sistem ini ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rule Base sistem**

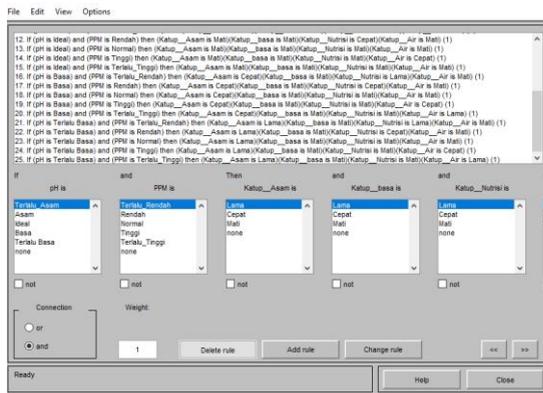
<b>PPM</b> <b>pH</b>	<b>Terlalu Rendah</b>	<b>Rendah</b>	<b>Normal</b>	<b>Tinggi</b>	<b>Terlalu Tinggi</b>
Terlalu Asam	MLLM	MLCM	MLMM	MLMC	MLML
Asam	MCLM	MCCM	MCMM	MCMC	MCML
Ideal	MMLM	MMCM	MMMM	MMMC	MMML
Basa	CMLM	CMCM	CMMM	CMMC	CMML
Terlalu Basa	LMLM	LMCM	LMMM	LMMC	LMML

Keterangan : M (Mati), C (Durasi Cepat), L (Durasi Lama)

Penetapan aturan fuzzy pada sistem Simulink ditunjukkan pada Gambar 8a dan 8b.



**Gambar 8a. Penetapan Aturan Fuzzy**



**Gambar 8b.** Penetapan Aturan Fuzzy

Keterangan tentang *rule base* sebagai berikut:

- Rule base MLLM, ketika pH terlalu asam dan PPM terlalu rendah, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka lama (L), katup cairan nutrisi terbuka lama (L) dan katup air mati (M).
- Rule base MLCM, ketika pH terlalu asam dan PPM rendah, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka lama (L), katup cairan nutrisi terbuka cepat (C) dan katup air mati (M).
- Rule base MLMM, ketika pH terlalu asam dan PPM normal, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka lama (L), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air mati (M).
- Rule base MLMC, ketika pH terlalu asam dan PPM tinggi, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka lama (L), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka cepat (C).
- Rule base MLML, ketika pH terlalu asam dan PPM terlalu tinggi, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka lama (L), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka lama (L).
- Rule base MCLM, ketika pH asam asam dan PPM terlalu rendah, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka cepat (C), katup cairan nutrisi terbuka lama (L) dan katup air mati (M).
- Rule base MCCM, ketika pH asam asam dan PPM rendah,

maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka cepat (C), katup cairan nutrisi terbuka cepat (C) dan katup air mati (M).

- h. Rule base MCMM, ketika pH asam asam dan PPM normal, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka cepat (C), katup cairan nutrisi terbuka mati (M) dan katup air mati (M).
- i. Rule base MCMC, ketika pH asam asam dan PPM tinggi, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka cepat (C), katup cairan nutrisi terbuka mati (M) dan katup air terbuka cepat (C).
- j. Rule base MCML, ketika pH asam asam dan PPM terlalu tinggi, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa terbuka cepat (C), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka lama (L).
- k. Rule base MMLM, ketika pH ideal dan PPM terlalu rendah, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi terbuka lama (L) dan katup air mati (M).
- l. Rule base MMCM, ketika pH ideal dan PPM rendah, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi terbuka cepat (C) dan katup air mati (M).
- m. Rule base MMMM, ketika pH ideal dan PPM normal, maka semua katup mati.
- n. Rule base MMMC, ketika pH ideal dan PPM tinggi, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka cepat (C).
- o. Rule base MMML, ketika pH ideal dan PPM terlalu tinggi, maka katup cairan asam mati (M), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka lama (L).
- p. Rule base CMLM, ketika pH basa dan PPM terlalu rendah, maka katup cairan asam terbuka cepat (C), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi terbuka lama (L) dan katup air mati (M).
- q. Rule base CMCM, ketika pH basa dan PPM rendah, maka

- katup cairan asam terbuka cepat (C), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi terbuka cepat (C) dan katup air mati (M).
- r. Rule base CMMM, ketika pH basa dan PPM normal, maka katup cairan asam terbuka cepat (C), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air mati (M).
  - s. Rule base CMMC, ketika pH basa dan PPM tinggi, maka katup cairan asam terbuka cepat (C), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka cepat (C).
  - t. Rule base CMML, ketika pH basa dan PPM tinggi, maka katup cairan asam terbuka cepat (C), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka lama (L).
  - u. Rule base LMLM, ketika pH terlalu basa dan PPM terlalu rendah, maka katup cairan asam terbuka lama (L), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi terbuka lama (L) dan katup air mati (M).
  - v. Rule base LMCM, ketika pH terlalu basa dan PPM rendah, maka katup cairan asam terbuka lama (L), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi terbuka cepat (C) dan katup air mati (M).
  - w. Rule base LMMM, ketika pH terlalu basa dan PPM normal, maka katup cairan asam terbuka lama (L), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air mati (M).
  - x. Rule base LMMC, ketika pH terlalu basa dan PPM tinggi, maka katup cairan asam terbuka lama (L), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka cepat (C).
  - y. Rule base LMML, ketika pH terlalu basa dan PPM terlalu tinggi, maka katup cairan asam terbuka lama (L), katup cairan basa mati (M), katup cairan nutrisi mati (M) dan katup air terbuka lama (L).

### 3. Defuzifikasi

Dalam proses defuzifikasi menggunakan metode *weighted of Avarage*. Metode ini mengambil rata-rata dari derajat

keanggotaan yang didapat. Rumus dari *weighted of Avarage* sebagai berikut:

$$Y = \sum \frac{\mu(y)y}{\mu(y)} \quad (\text{persamaan 1)}$$

Dari persamaan 1 dapat dijelaskan bahwa nilai  $y$  merupakan nilai crisp dan  $\mu y$  merupakan derajat keanggotaan  $y$ . sebagai contoh input pH 4,2 dan ppm 1100 maka dapat dihitung :

Output katup Asam

$$Y = \frac{(0.5 \times 0)(0.5 \times 0)(0.2 \times 0)(0,2 \times 0)}{0.5 + 0.5 + 0.2 + 0.2} = 0 \text{ detik}$$

Maka katup asam tidak menyala

Output katup Basa

$$Y = \frac{(0.5 \times 25)(0.5 \times 25)(0.2 \times 10)(0,2 \times 10)}{0.5 + 0.5 + 0.2 + 0.2} = 20,7 \text{ detik}$$

Maka katup basa akan menyala 20,7 detik

Output katup AB mix

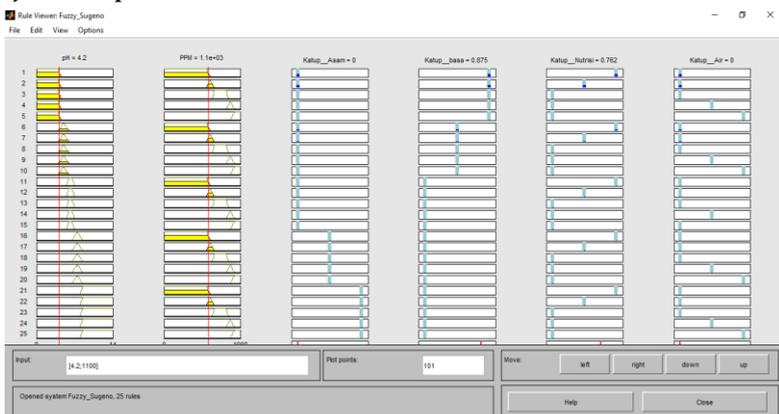
$$Y = \frac{(0.5 \times 24)(0.5 \times 17)(0.2 \times 24)(0,2 \times 17)}{0.5 + 0.5 + 0.2 + 0.2} = 20,5 \text{ detik}$$

Output katup air

$$Y = \frac{(0.5 \times 0)(0.5 \times 0)(0.2 \times 0)(0,2 \times 0)}{0.5 + 0.5 + 0.2 + 0.2} = 0 \text{ detik}$$

Maka katup air tidak menyala

Dapat disimpulkan bahwa input pH = 4,2 dan ppm = 1100 didapatkan output katup asam 0 detik, katup asam 20,7 detik dan katup air 20,5 detik. Visualisasi hasil defuzifikasi ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Visualisasi hasil defuzifikasi

## PENUTUP

Melalui uraian yang telah disampaikan pada bab sebelumnya, peneliti dapat memberikan kesimpulan bahwa penerapan sistem logika *fuzzy* pada sistem otomatisasi hidroponik tidak memerlukan sistem matematis yang terperinci dan rumit sehingga dapat dikembangkan menggunakan logika manusia. Dalam penelitian ini menggunakan 25 *rule base* untuk mendapatkan output yang diinginkan. Mekanisme pengendalian ini merupakan pengaplikasian otomatisasi untuk pengaturan nutrisi dan pH pada tanaman hidroponik dapat digunakan sebagai dasar sistem pengendalian selanjutnya dalam kehidupan nyata. Pada penelitian ini diperlukan proses penalaran ulang pada simulasi ataupun mencoba merubah signal masukan dan fungsi alih agar didapatkan grafik yang sesuai dan lebih mencerminkan sistem yang sesungguhnya dan diharapkan dapat diterapkannya awal berupa aplikasi embedded system dan memperhatikan spesifikasi yang memadai dengan aturan *fuzzy* yang telah disediakan. Dengan demikian keluaran yang diharapkan pengguna dapat tercapai sebagaimana mestinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abu Sneineh, A., & Shabaneh, A. A. A. (2023). Design Of A Smart Hydroponics Monitoring System Using An ESP32 Microcontroller And The Internet Of Things. *Methodsx*, 11(June), 102401. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102401>
- Al-Kodmany, K. (2018). The Vertical Farm: A Review Of Developments And Implications For The Vertical City. *Buildings*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/buildings8020024>
- Amri, F., Karsid, K., Khoerun, B., Fitriyanto, I., Prayietno, H., & Haryanti, T. (2024). Construction of an Automatic Hydroponic Nutrient Control System Based on Arduino Uno. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science (iCAST-ES 2023)*, hlm. 911–918. DOI:10.2991/978-94-6463-364-1\_83

- Anwar, F., Etiana, E., Sofyan, & Hidayatullah, M. (2022). Automatic Hydroponic System Based on Arduino Uno R3. *Journal Altron: Journal of Electronics, Science & Energy Systems*, 1(1), 25–33. DOI:10.51401/altron.v1i1.1674
- Armie, E. P., & Abbas, A. P. (2018). Fuzzy Ponics: A Fuzzy Based System To Control Temperature, Relative Humidity, Electrical Conductivity And PH Of Hydroponics. *International Journal Of Engineering & Technology*, 4(4.16), 308–312.
- Asrori, M., & Murdani, M. H. (2023). Sistem Pemberian Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino. *Journal Of System Engineering And Technological Innovation (JISTI)*, 2(01), 91–99. <https://doi.org/10.38156/jisti.v2i01.37>
- Asy Syamsbeta, I., & Asy Syamsbeta, I. (2021). Sistem Otomatisasi Perawatan Hidroponik Pada Tanaman Kangkung Berbasis Iot. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 8(3), 279. <https://doi.org/10.33795/Elk.V8i3.309>
- Ezzahoui, I., Abdelouahid, R. A., Taji, K., & Marzak, A. (2021). Hydroponic And Aquaponic Farming: Comparative Study Based On Internet Of Things Iot Technologies. *Procedia Computer Science*, 191, 499–504. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.07.064>
- Fakhrurroja, H., Mardhotillah, S. A., Mahendra, O., Munandar, A., Rizqyawan, M. I., & Pratama, R. P. (2019). Automatic Ph And Humidity Control System For Hydroponics Using Fuzzy Logic. *2019 International Conference On Computer, Control, Informatics And Its Applications: Emerging Trends In Big Data And Artificial Intelligence, IC3INA 2019, July 2020*, 156–161. <https://doi.org/10.1109/IC3INA48034.2019.8949590>
- Jamilah, J., & Bukhari, B. (2022). Pengaruh Naungan Dan Kandungan Nutrisi Good-Plant Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) Secara Hidroponik. *Jurnal Real Riset*, 4(1), 67–78. <https://doi.org/10.47647/Jrr.V4i1.552>
- Mariyappillai, A., Arumugam, G., & Raghavendran, V. B. (2020). The Techniques Of Hydroponic System. *Acta Scientific*

- Agriculture*, 4(7), 79–84.  
<https://doi.org/10.31080/Asag.2020.04.0858>
- Mochammad Rusli. (2017). *Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy* (Tim UB Press (Ed.); 1st Ed., Vol. 1). UB Press.
- Narulita, N., Hasibuan, S., & Ch, R. M. (2019). Pengaruh Sistem Dan Konsentrasi Nutrisi Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) Secara Hidroponik. *Bernas : Jurnal Penelitian Pertanian*, 15(3), 99–108.  
<http://jurnal.una.ac.id/index.php/jb/article/view/1307>
- Oktavia, C. A., & Maulidi, R. (2019). Penerapan Logika Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Reward Pada Game Edukasi Aku Bisa. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 17(2), 117. <https://doi.org/10.12962/J24068535.V17i2.A825>
- Pancawati, D., & Yulianto, A. (2016). Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Mengatur Ph Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(2), 278.  
<https://doi.org/10.25077/jnte.v5n2.284.2016>
- Parikesit, M. A. K., Yuliaty, Angka, P. R., Gunadhi, A., Joewono, A., & Sitepu, R. (2018). Otomatisasi Sistem Irigasi Dan Pemberian Kadar Nutrisi Berdasarkan Nilai Total Dissolve Solid (TDS) Pada Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). *Scientific Journal Widya Teknik*, 17(2), 63–71.
- Ridwan, M., & Sari, K. M. (2021). Penerapan Iot Dalam Sistem Otomatisasi Kontrol Suhu, Kelembaban, Dan Tingkat Keasaman Hidroponik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal Of Agricultural Engineering)*, 10(4), 481.  
<https://doi.org/10.23960/jtep-l.v10i4.481-487>
- Setiawan, N. D. (2018). Otomasi Pencampur Nutrisi Hidroponik Sistem NTF (Nutrient Film Technique) Berbasis Arduino Mega 2560. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, 03(2), 78–82.
- Susanti, H., Zaenurrohman, & Riyadi Purwanto. (2023). Development of a Hydroponic System using an ATmega 2560 Microcontroller with Automatic Nutrition and pH Settings for Lettuce Cultivation. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 7(1), 1–12. DOI:10.37339/e-

komtek.v7i1.1170

Swastika, S., Yulfida, A., & Sumitro, Y. (2017). *Budidaya Sayuran Hidroponik Bertanam Tanpa Media Tanah*. [Http://Riau.Litbang.Pertanian.Go.Id/Kopitani/Images/Pdf/Juknis/Juknishidroponik.Pdf](http://Riau.Litbang.Pertanian.Go.Id/Kopitani/Images/Pdf/Juknis/Juknishidroponik.Pdf)

Widaningsih, S. (2017). Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani Dan Sugeno Dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin Di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur. *Infoman's*, 11(1), 51–65. <https://doi.org/10.33481/infomans.v11i1.21>

Yoga Pramesia Pratama, I. P., Suar Wibawa, K., & Agus Dwi Suarjaya, I. M. (2022). Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino. *JITTER- Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer*, 3(2), 1–9.